



SKRIPSI - ME 141501

Studi Optimasi Sistem *Water Jet* Dengan Memodifikasi *Blade Impeller* Menggunakan Metode CFD

Da'i Rusdiani Fazlurrohman
NRP 04211545000010

Dosen Pembimbing
Ir. Agoes Santoso MSc., MPhil. FIMarEST., MRINA
Ir. Toni Bambang Musriyadi. PGD. MMT

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

“ halaman sengaja di kosongkan “



SKRIPSI - ME 141501

Study Optimization Of Water Jet System By Modifying Blade Impeller Using CFD Method

Da'i Rusdiani Fazlurrohman
NRP 04211545000010

Supervisor
Ir. Agoes Santoso MSc., MPhil. FIMarEST., MRINA
Ir. Toni Bambang Musriyadi. PGD. MMT

MARINE ENGINEERING DEPARTEMENT
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018

“ halaman sengaja di kosongkan “

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI OPTIMASI SISTEM *WATER JET* DENGAN MEMODIFIKASI *BLADE*
IMPELLER MENGGUNAKAN METODE CFD**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Machinery System* (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

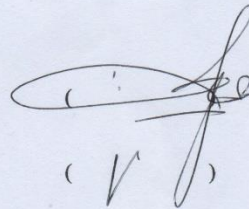
Oleh:

Dai Rusdiani Fazlurrohman
NRP 0421154500010

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Agoes Santoso, M.Sc., MPhil., FIMarEST., MRINA

Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT



SURABAYA
Januari, 2018

“ halaman sengaja di kosongkan “

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI OPTIMASI SISTEM *WATER JET* DENGAN MEMODIFIKASI *BLADE IMPELLER* MENGGUNAKAN METODE CFD

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Machinery System* (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Dai Rusdiani Fazlurrohman
NRP 0421154500010

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 197708022008011007

“ halaman sengaja di kosongkan “

ABSTRAK

Nama Mahasiswa : Dai Rusdiani Fazlurrohman
NRP : 0421154500010
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Agoes Santoso, M.Sc., MPhil., FIMarEST., MRINA
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT

Jetski merupakan salah satu jenis tipe kapal yang dispesifikasikan memiliki kecepatan tinggi dimana kecepatan yang dimaksud bisa lebih dari 40 knot. Hal ini disebabkan karena kebutuhan dalam penggunaan kapal dengan kecepatan tinggi sangat banyak terutama untuk olah raga air, SAR dan kebutuhan militer. Untuk bisa mencapai kecepatan yang diinginkan maka perlu adanya sistem propulsi yang mumpuni untuk mencapai kecepatan yang diinginkan dan sistem propulsi *waterjet* merupakan salah satu sistem propulsi yang mampu menjawab kebutuhan tersebut.

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini langkah pertama ialah mengumpulkan data tentang *waterjet*, *jetski* dan *impeller* setelah data yang diperoleh lengkap maka langkah selanjutnya adalah perancangan body *jetski* untuk di kalkulasi tahananannya sehingga dapat menjadi patokan dalam memilih mesin dan *waterjet* yang akan digunakan. Setelah mendapatkan mesin dan *waterjet* yang sesuai dengan *jetski* yang di rencanakan maka selanjutnya adalah melakukan tahap modifikasi blade dengan memvariasikan jumlah *blade* dari 3 sampai 7.

Dari rangkaian tahapan di atas dan setelah melakukan uji simulasi menggunakan metode CFD maka dapat disimpulkan bahwa semakin banyak blade *impeller* maka flow rate nilainya akan semakin meningkat begitu juga dengan nilai dari efisiensi dan head semakin banyak blade *impeller* maka semakin tinggi pula nilai efisiensi dan headnya. Akan tetapi terjadi penurunan nilai flow rate, efisiensi dan head setelah blade 6 disebabkan kerapatan pada daun *impeller* blade 7. Hal ini berbanding terbalik pada daya yang di butuhkan *impeller* dimana semakin banyak blade *impellernya* maka semakin kecil daya yang di butuhkan hal ini di buktikan pada blade 6 dengan nilai daya 27,98 kW

Kata Kunci : *Jetski*, *Waterjet*, *Blade impeller*

ABSTRACT

Name : Dai Rusdiani Fazlurrohman
NRP : 0421154500010
Department : Marine Engineering
Supervisors : Ir. Agoes Santoso, M.Sc., MPhil., FIMarEST., MRINA
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT

Jetski is one type of ship that is specified to have high speed more than 40 knots. This is due to the need for high speed vessel usage especially for water sports, SAR and military. In order to achieve the desired speed it is necessary to have a qualified propulsion system to achieve the desired speed and the waterjet propulsion system is one of the propulsion systems that can answer those needs.

In this final project, the first step is to collect data about waterjet, jetski and impeller after the data obtained complete then the next step is to plan body jetski body for the calculation of the resistance so it can be a benchmark in choosing the machine and waterjet to be used. After getting the machine and waterjet in accordance with the jetski in the plan then the next is to stage the blade modification by varying the number of blades from 3 to 7.

From the series of stages above and after conducting the simulation test using CFD method it can be concluded that the more blade impeller then the flow rate value will increase as well as the value of the efficiency and head the more blade impeller the higher the efficiency and headnya value. However, there is a decrease in flow rate, efficiency and head after blade 6 due to the density of impeller blade 7. This is inversely proportional to the power required in the impeller where the more blade impellers, the smaller the power required it is proved in the blade 6 with a power rating of 27.98 kW

Keywords: Jetski, Waterjet, Blade Impeller

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT karena anugerah dan kuasaNya sehingga tugas akhir dengan judul “**Studi Optimasi Sistem Water Jet Dengan Memodifikasi Blade Impeller Menggunakan Metode CFD**” ini dapat diselesaikan dengan baik. Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik oleh penulis juga atas bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karenanya penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Anis Yunus dan Ibu Rusdiyati serta Adik semata wayang Nadela Demira S, yang telah bersedia mendengar keluh kesah, memberikan dukungan baik moril maupun materi, dan doa yang tulus ikhlas kepada penulis saat menghadapi kesulitan dalam pengerjaan Tugas Akhir, sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak Ir. Agoes Santoso, M.Sc., MPhil., FIMarEST., MRINA selaku dosen pembimbing I (satu) yang selalu mengarahkan, membimbing dan memotivasi penulis dengan baik.
3. Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT selaku dosen pembimbing II (dua) yang selalu mengarahkan, membimbing dan memotivasi penulis dengan baik.
4. Bapak Adi Kurniawan, S.T., M.T selaku dosen wali yang selalu memberikan motivasi dan dukungan untuk penulis
5. Bapak Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc selaku dosen wali pengganti yang selalu memberikan motivasi dan dukungan untuk penulis
6. Team Kandang Kucing Ex Kontrakan Kandang Jaran Selaku Teman maupun keluarga besar Diploma III Teknik Perkapalan Undip 2011, dan selama 5 Tahun seperjuangan Undip dan LJ ITS, Telly, Farera, Adam, Yoga, Andy, Maya, Ardi, Dimas, Eko Pranoto, Praba, Riki, Hasfi
7. Keluarga Besar Diploma III Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro. Semarang
8. Teman-teman seperjuangan 2 Tahun Lintas Jalur Teknik Sistem Perkapalan 2015
9. Keluarga Besar Teknik Sistem Perkapalan Instiut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
10. Bapak dan Ibu Dosen, penjaga lab serta Semua teman-teman MMS & MMD yang selalu memberikan solusi atas masalah tentang pengerjaan progress skripsi
11. Dan semua pihak yang terlibat dan berkontribusi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis sangat membutuhkan saran untuk dapat menyempurnakan tugas akhir ini dengan baik dan dapat bermanfaat bagi pembaca.

Akhir kata, semoga Allah SWT melimpahkan KaruniaNya kepada kita semua. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Surabaya, Januari 2018

Penulis.

“ halaman sengaja di kosongkan “

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Skripsi.....	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Propulsi Kendaraan Air.....	5
2.2 Pengertian karakteristik dan bagian bagian <i>Waterjet</i>	6
2.2.1 Pengertian <i>Waterjet</i>	6
2.2.2 Cara kerja <i>Waterjet</i>	7
2.2.3 Bagian Bagian <i>Waterjet</i>	8
2.2.4 Karakteristik Sistem <i>Waterjet</i> Propulsion.....	9
2.3 Jetski	11
2.4 Penegertian dan macam macam <i>impeller</i>	11
2.4.1 Radial <i>Impeller</i>	12
2.4.2 <i>Mixed flow Imepellers</i>	12
2.4.3 <i>Axial Imepellers</i>	13
2.5 Solidwork.....	14
2.6 Computational Fluid Dynamic (CFD)	16
BAB III METODOLOGI	19
3.1 Lokasi Studi	19
3.2 Metodologi Penulisan	19
3.3 Rumusan Masalah.....	19
3.4 Studi Pustaka	19
3.5 Metode Pengumpulan Data.....	19
3.6 Daigram alir	21
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Pengambilan data.....	23
4.2 Desain	23
4.2.1 Desain lambung <i>jetski</i>	23
4.2.2 Analisa	24
4.2.3 <i>Speed Power Prediction</i>	25
4.3 Perhitungan dimensi jet	26
4.3.1 Gaya Dorong Efektif.....	26
4.3.2 Gaya Dorong yang di butuhkan	26
4.3.3 Dimensi Jet	27
4.4 Perhitungan OverAll Propulsive Coefficient (OPC)	28
4.4.1 Fraksi Arus.....	28

4.5	Perhitungan Putaran Pompa.....	30
4.6	Perhitungan <i>Head Losses</i>	30
4.6.1	Perhitungan <i>head Loss</i> Mayor	30
4.6.2	Perhitungan <i>Head Loss</i> Minor	31
4.6.3	Perhitungan <i>head Loss Nossel</i>	31
4.6.4	Perhitungan <i>Losses</i> Minor Belokan	31
4.6.5	<i>Head Loss</i> Minor Pengecilan Bertahap.....	32
4.7	Perhitungan Putaran Spesifik.....	32
4.8	Pemilihan Sistem Propulsi.....	33
4.8.1	Pemilihan <i>Engine</i>	33
4.8.2	Karakteristik <i>Engine</i>	33
4.8.3	Pemilihan <i>Waterjet</i>	34
4.8.4	Karakteristik <i>Waterjet</i>	35
4.9	<i>Engine Water Jet Matching</i>	36
4.10	Penggambaran dan Simulasi	37
4.10.1	Penggambaran Ulang Impeller.....	38
4.10.2	Proses Meshing Model	38
4.10.3	<i>Pre Solver</i> atau <i>Pre Processor</i>	39
4.10.4	<i>Solver</i>	39
4.10.5	<i>Post Processor</i>	40
4.11	Analisa data dari Proses Simulasi.....	40
4.11.1	Perhitungan.....	40
4.11.2	Data hasil simulasi / <i>Solver</i>	41
4.11.3	<i>Performance Prediction</i>	41
4.11.4	Hukum Kesebangunan (<i>Affinity Laws</i>).....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		49
5.1	Kesimpulan.....	49
5.2	Saran.....	49
Daftar Pustaka		51
LAMPIRAN		53

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Macam- macam sistem Propulsi	6
Tabel 4.1 <i>Speed Power Prediction</i>	25
Tabel 4.2 Unjuk Kerja (<i>Performance</i>) <i>engine</i>	33
Tabel 4.3 Kemampuan pada putaran <i>waterjet</i>	36
Tabel 4.4 nilai <i>Flow rate (In/Out)</i> dan Efisiensi.....	41
Tabel 4.5 nilai Daya.....	41
Tabel 4.6 nilai <i>head</i>	42
Tabel 4.7 Perbandingan variasi RPM	45
Tabel 5.1 Spesifikasi mesin	47
Tabel 5.2 Spesifikasi <i>Waterjet</i>	47
Tabel 5.3 Hasil Simulasi.....	47

“ halaman sengaja di kosongkan “

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1.1 Obyek wisata bahari di pulau Bali	1
Grafik 1.2 Penggunaan <i>Jetski</i> pada dunia kemiliteran	2
Grafik 2.1 HAMILTON <i>WaterJet type</i> HJ212.....	5
Grafik 2.2 Cara kerja <i>Waterjet</i>	7
Grafik 2.3 Bagian Bagain <i>Waterjet</i>	8
Grafik 2.4 <i>Jetski</i>	11
Grafik 2.5 Radial <i>Impeller</i>	12
Grafik 2.6 <i>Mixed Flow Impeller</i>	12
Grafik 2.7 Axial <i>Impeller</i>	13
Grafik 2.8 Layout software solidwork	14
Grafik 2.9 Bagian bidang Grafik (<i>Plane</i>).....	15
Grafik 2.10 Computational Fluid Dynamics	15
Grafik 4.1 <i>Body Plan</i>	23
Grafik 4.2 <i>Half Breadth Plan</i>	23
Grafik 4.3 <i>Sheer Plan</i>	24
Grafik 4.4 Analisis dari Maxsurf Resistance.....	24
Grafik 4.5 Diagram dimensi inlet <i>Waterjet</i>	27
Grafik 4.6 Diagram ukuran Standart System <i>Waterjet</i>	28
Grafik 4.7 Diagram Moody	31
Grafik 4.8 Grafik <i>Performance engine</i>	33
Grafik 4.9 Spesifikasi <i>waterjet</i>	35
Grafik 4.10 Grafik RPM dan <i>Power</i> dari DJ100G.....	35
Grafik 4.11 Permodelan <i>Impeller</i> dari <i>Solidwork</i> pada <i>Ansys</i>	38
Grafik 4.12 Proses <i>Meshing Impeller</i>	38
Grafik 4.13 Proses <i>Pre Processor Impeller</i>	39
Grafik 4.14 <i>Convergence History</i>	39
Grafik 4.15 <i>Post Processor</i>	40

“ halaman sengaja di kosongkan “

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Perbandingan %RPM dan %BHP	34
Grafik 4.2 Perbandingan RPM dan BHP.....	36
Grafik 4.3 <i>Engine and Waterjet Matching</i>	37
Grafik 4.4 Perbandingan <i>Flow rate</i>	42
Grafik 4.5 Kurva Effisiensi	43
Grafik 4.6 Kurva Daya <i>Impeller</i>	43
Grafik 4.7 Perbandingan <i>Head</i>	44
Grafik 4.8 Kurva perbandingan Kapasitas dan RPM	45
Grafik 4.9 Kurva perbandingan <i>Head</i> dan RPM.....	45
Grafik 4.10 Kurva perbandingan Daya dan RPM	46

“ halaman sengaja di kosongkan “

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Laju peningkatan jumlah penduduk Indonesia yang mencapai 225 juta jiwa, hal ini mau tidak membuat beberapa sektor pariwisata tak terkecuali sektor pariwisata yang berbasis maritim berlomba-lomba menawarkan produk jual mereka mengingat geografis negara yang sebagian perairannya maka sektor wisata maritim di Indonesia bisa menjadikan sebagai sarana mendulang pundi-pundi rupiah.

Indonesia memiliki beberapa tempat yang akan tinggi aktifitas perairannya seperti kawasan Raja Ampat, Wakatobi, gugusan kepulauan Nusa Tenggara dan lain-lain. Dimana kawasan-kawasan tersebut telah dipadati oleh pengguna kendaraan air, baik berupa perahu pribadi / sewaan, olahraga air, maupun angkutan air.

Dari latar belakang tersebut dapat disimpulkan bahwa kebutuhan di daerah atau kawasan berbasis maritim nantinya aktifitas masyarakat atau pengunjung tidak lagi hanya bermain-main di pesisir pantai, dengan perkembangan dan permainan air nantinya aktifitas di pantai akan bertambah ke arah tengah laut. Dengan demikian dibutuhkan suatu pengawas dan penyelamat khusus di daerah pantai agar pengunjung kawasan wisata bahari aman untuk beraktifitas di pantai.

Dari fenomena ini maka pengoptimalan penggunaan *jetski* akan sangat diperlukan mengingat dulunya *jetski* hanya digunakan untuk olahraga air, hiburan dan untuk tujuan komersil maka sudah saatnya penggunaan *jetski* juga harus dimaksimalkan seperti digunakan untuk patroli satuan keamanan pantai (penjaga pantai) atau digunakan untuk melakukan pertolongan pertama atau *first rescue* bila terjadi sesuatu yang tidak diinginkan seperti tenggelamnya wisatawan dan lain sebagainya.



Gambar 1.1 Obyek wisata bahari di pulau Bali
(Sumber : www.tanjungbenoabali.co.id)

Selain itu *jetski* juga bisa digunakan sebagai sarana penunjang pada bidang kemiliteran. Sebagai contohnya penggunaan *jetski* pada bidang kemiliteran ialah digunakan sebagai sarana *Combat-SAR*. *Combat-SAR* sendiri adalah kegiatan

pelaksanakan tugas penyelamatan dan evakuasi personel maupun materil yang bernilai strategis di medan pertempuran.

Contoh lain dari penggunaan *jetski* pada bidang militer ialah pengguna *jetski* untuk kegiatan VBSS (*Visit Boarding Search And Seizure*) TNI AL. VBSS sendiri memiliki pengertian sebagai berikut sebuah kegiatan dengan tim kecil yang memiliki kemampuan pencarian, penyergapan dan pembebasan kapal dan merupakan komponen wajib pada setiap KRI (Kapal Republik Indonesia) yang dimiliki oleh TNI AL untuk menekan berbagai bentuk pelanggaran kedaulatan dan hukum di laut.. Selain itu *jetski* juga bisa digunakan sebagai wahana tempur untuk pasukan khusus dalam melakukan tugas.



Gambar 1.2 Penggunaan *Jetski* pada dunia kemiliteran
(Sumber : www.tnial.mil.id)

Mengingat *jetski* memiliki bentuk yang tidak terlalu besar, memiliki kecepatan yang cepat serta lincah, maka dengan demikian muncul gagasan atau ide untuk merancang sistem *waterjet* terutama pada bagian pengembangan *impeller* pada *jetski* guna mendapatkan efisiensi yang maksimal. Diharapkan Industri manufaktur indonesia mampu untuk membuat *Jetski* sendiri dengan harga yang terjangkau.

Berdasarkan Penelitian yang sudah dilakukan di Pusan *National University* Korea Selatan oleh Moon-Chan Kim dan Ho-Hwan Chun pada tahun 2009 dengan judul ***Comparison Of Waterjet Performance In Tracked Vehicles By Impeller Diameter*** dengan hasil bahwa untuk daya apung maka diameter yang kecil yang baik sedangkan untuk kinerja diameter besar merupakan yang terbaik. Maka dari jurnal di atas saya akan mengembangkan tentang modifikasi *Blade Impeller* pada *waterjet* dengan metode CFD.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana Rancangan *Blade Impeller* yang paling optimum terhadap *outlet flowrate* dan *head* setelah mengalami perubahan variasi desain?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan sistem propulsi *waterjet*
2. Perancangan *blade impeller*
3. Hanya mempertimbangkan *flow rate* dan *head* dan mengabaikan tentang mesin, kelistrikan, bahan bakar dan biaya
4. Diameter impeller 10 inci (254 mm) , RPM 3600, *angel blade* 30°
5. Simulasi dengan *software* CFD

1.4 Tujuan Skripsi

Adapun maksud dan tujuan dibuatnya skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui rancangan *blade impeller* yang paling optimum sebagai salah satu faktor pertimbangan dalam pembuatan sistem *waterjet* untuk *jetski*

1.5 Manfaat

Manfaat yang di hasilkan :

1. Dapat digunakan sebagai literatur dalam perencanaan sistem *waterjet jetski* untuk kebutuhan pariwisata, olahraga , militer ataupun komersil
2. Dapat bermanfaat sebagai tambahan pengetahuan dan wawasan bagi mahasiswa pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

“ halaman sengaja di kosongkan “

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Propulsi Kendaraan Air

Sistem propulsi pada kapal terbagi menjadi tiga komponen, yaitu mesin utama, sistem transmisi dan propulsor (alat gerak). Ketiga komponen inilah yang selanjutnya akan saling berkaitan untuk menggerakkan kapal. Ketiga komponen ini harus direncanakan sebaik dan seefisien mungkin, karena jika tidak begitu maka akan terjadi :

- a) Kecepatan dinas yang tidak mencapai standar
- b) Nilai ekonomis dari kapal akan turun
- c) Pengaruh getaran akan terjadi pada kapal
- d) Konsumsi bahan bakar yang tidak efisien

Cara kerja sistem propulsi kapal adalah mesin utama sebagai penyedia tenaga utama memberikan daya ke sistem transmisi. Besarnya daya yang diterima oleh sistem transmisi tergantung dari seberapa besar efisiensi dari mesin utama. Daya yang masuk ke sistem transmisi akan diteruskan lagi ke propulsor, sehingga propulsor atau alat gerak kapal dapat bergerak akibat adanya daya yang diterima dari sistem transmisi.

- Mesin utama berfungsi sebagai sumber daya utama.
- Sistem transmisi berfungsi sebagai penghubung antara mesin utama dan propulsor (alat gerak). Sistem ini yang berfungsi untuk meneruskan daya yang dihasilkan oleh mesin utama menuju alat gerak kapal.
- Alat gerak berfungsi sebagai penggerak. Alat gerak mendapat daya dari mesin utama yang ditransfer oleh sistem transmisi

Dalam dunia maritim di kenal beberapa sistem propulsi dinantara sisistem propulsi baru beberapa yang ada atau yang sering di gunakan di indonesia, jenis jenis sistem propulsi itu adalah :

Tabel 1.1 Macam- macam sistem Propulsi

Jenis Sistem Propulsi	Keterangan
<i>Diesel Propulsion System</i>	Digunakan pada hampir semua jenis kapal, baik kapal kecil maupun kapal sedang. Sistem ini dapat mengubah energi mekanik ke energi termal.
<i>Water Jet Propulsion System</i>	Digunakan sejak tahun 1954. Keuntungan dari sistem ini adalah dengan rendahnya tingkat polusi suara dan memiliki kecepatan yang tinggi
<i>Steam Turbine Propulsion</i>	Digunakan pada abad 19-an dan awal abad 20-an. Sistem ini memanfaatkan uap, dimana bahan bakarnya merupakan batubara.
<i>Biodiesel Fuel Propulsion</i>	Menggunakan tenaga biodiesel, sistem ini telah dianggap sebagai sistem yang potensial dan

	masih banyak dilakukan riset terhadap sistem propulsi ini.
<i>Diesel Electric Propulsion</i>	Telah digunakan sejak tahun 1900-an. Sistem ini menggunakan kombinasi dari generator yang dioperasikan oleh listrik.
<i>Gas Fuel Or Tri Fuel Propulsion</i>	Sistem ini memanfaatkan LNG bahan bakar dan setelah dimodifikasi, sistem ini sekarang dapat mengurangi emisi pada kapal.
<i>Fuel Cell Propulsion System</i>	Dianggap sebagai alternatif kelautan karena sistem ini bersih. sistem ini menggunakan hidrogen sebagai bahan bakar dan listrik dibuat tanpa pembakaran apapun.
<i>Gas Tubine Propulsion</i>	Sistem ini digunakan oleh sejumlah besar angkatan laut, karena sistem ini dapat menghasilkan kecepatan yang luar biasa.
<i>Wind Propulsion System</i>	Biasa digunakan pada kapal-kapal kecil. Jenis propulsi ini masih belum banyak digunakan pada kapal-kapal besar. Sistem ini muncul karena sebagai alternatif untuk sistem propulsi lain yang sebagian besar menghasilkan gas CO ₂
<i>Nuclear Powered Ship Propulsion System</i>	Digunakan pada kapal-kapal maritim. Sistem ini memanfaatkan reaksi fisi nuklir, dimana dari reaksi ini, dihasilkan sejumlah daya elektrik.

2.2 Pengertian, karakteristik dan bagian-bagian *Waterjet*

2.2.1 Pengertian *Waterjet*

Waterjet merupakan salah satu sistem penggerak yang diaplikasikan pada kapal, dimana memiliki prinsip kerja berupa mengambil air yang nantinya masuk kedalam putaran jet/turbin untuk dihembuskan/dilemparkan kembali keluar, yang nantinya akan menjadi daya dorong kapal. Aplikasi dari sistem propulsi water jet ini sering dijumpai terutama untuk kapal – kapal yang dirancang berkecepatan tinggi, karena berdasarkan penelitian – penelitian yang telah dilaksanakan menunjukkan bahwa sistem propulsi water jet memiliki beberapa keuntungan yang tidak ada kaitannya dengan efisiensi propulsifnya. Adapun beberapa keistimewaan yang dimiliki oleh sistem propulsi water jet adalah, sebagai berikut :

- a. Dengan tidak terdapatnya propeller dan kemudi diluar kapal, sehingga tidak terjadi obyek-obyek yang dapat memperbesar tahanan total kapal.

- b. Sangat memungkinkan untuk dioperasikan di perairan yang tidak dalam / dangkal.
- c. Mempunyai kemampuan akselerasi yang baik.
- d. Mempunyai kemampuan olah gerak kapal yang baik pada saat kecepatan kapal yang relatif rendah.
- e. Mempunyai keunggulan pada saat olah gerak kapal pada kecepatan kapal yang relatif tinggi.
- f. Penempatan suction propeller (impeller) didalam selongsong saluran air pada badan kapal, akan dapat mengurangi terjadinya eksitasi getaran maupun tingkat kebisingan pada kapal.
- g. Pada saat kecepatan kapal yang relatif tinggi, efisiensi propulsif dapat diusahakan cukup tinggi sehingga dapat dibandingkan dengan sistem penggerak propeller.



Gambar 2.1 HAMILTON *WaterJet* type HJ212

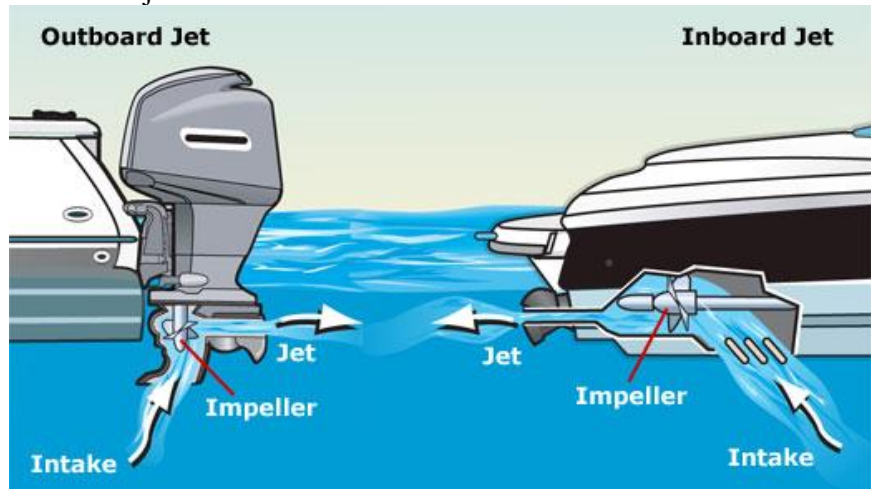
(Sumber : www.hamiltonjet.com)

2.2.2 Cara kerja *waterjet*

Dalam prosesnya, air akan di hisap melalaui *intake* sebagai lubang pemasukan dari bawah, kemudian laju aliran *fluida* yang terhisap akan di percepat oleh akuataor yang biasanya berupa pompa mekanis dan selanjutnya fluida disemburkan keluar kembali melalui nossel sebagai lubang pengeluaran yang terletak persis di atas permukaan air. Semburan air yang keluar melalui nossel diatur oleh deflektor untuk mengatur pergerakan maju atau mundurnya kendaraan sesuai dengan yang diinginkan.

Secara garis besar sistam waterjet dapat di gambarkan sebagai berikut yaitu laju aliran air yang tersembur melalui lubang nossel akan menghasilkan gaya dorong (*thrust*), hal ini dikarenakan adanya kenaikan kecepatan aliran yang masuk melalui saluran untuk kemudian menyebabkan terjadinya perbedaan momentum, sehingga dapat membuat kapal dapat bergerak. Perhatian yang utama dari system water jet adalah keseimbangan antara gaya

dorongan yang dibutuhkan untuk mendorong kapal sehingga dapat bergerak maju sesuai dengan kecepatan yang direncanakan dengan gaya dorong sesungguhnya yang diberikan oleh sistem water jet.



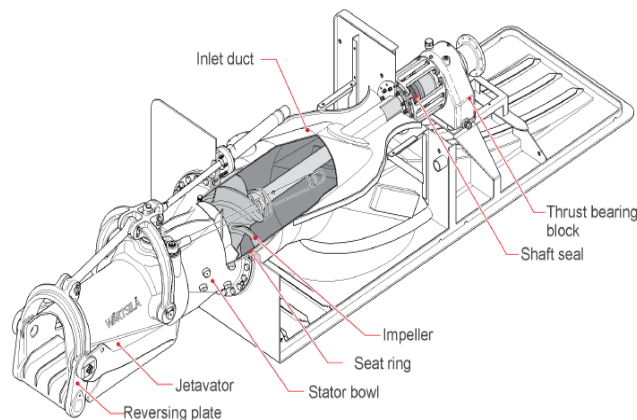
Gambar 2.2 Cara kerja *Waterjet*

(Sumber : <https://www.boat-ed.com>)

2.2.3 Bagian Bagian *Waterjet*

Di dunia ini setiap benda yang bergerak atau menghasilkan sesuatu pasti memiliki beberapa komponen agar benda tersebut dapat bekerja sesuai dengan kinerja optimal. Hal ini pun juga berlaku pada propulsi *waterjet* dimana *waterjet* memiliki komponen atau bagian guna mendukung kinerja dari benda tersebut. Komponen atau bagian-bagian dari *waterjet* tersebut adalah sebagai berikut :

1. Inlet Duct
2. Thrust bearing
3. Shaft Seal
4. Impeller
5. Seat Ring
6. Sator bowl
7. Jetvator
8. Reversing plate



Gambar 2.3 Bagian Bagian Waterjet

(Sumber : Wartsila MIDSIZE WATERJET PRODUCT GUIDE)

2.2.4 Karakteristik Sistem Waterjet Propulsion

Semua metode untuk mendorong benda pada medium fluida didasarkan pada prinsip reaksi (reaction principle) yang pertama kali ditemukan oleh Sir Issac Newton (1642-1727). Prinsip ini menyatakan bahwa setiap aksi menimbulkan reaksi yang sama besar tapi berlawanan arahnya.

Penerapan prinsip reaksi hanya berbeda pada metode – metode dan mekanisme – mekanisme yang digunakan untuk menghasilkan suatu aksi gerakan. Pada sistem propulsi water jet, dengan adanya aksi gaya dorong akan menyebabkan kapal dapat bergerak ke depan dengan kecepatan tertentu dan reaksi dari fluida terhadap kapal akan menimbulkan tahanan. Gaya dorong (thrust) yang dihasilkan sistem water jet disebabkan karena adanya kenaikan momentum aliran dari saluran inlet sampai nozzle. Berikut adalah karakteristik dari waterjet yaitu :

a. Gaya Dorong

Dengan adanya isapan pada lubang inlet maka akan muncul gesekan dari permukaan bawah badan jet ski yang akan menimbulkan kecepatan aliran tertentu pada lubang inlet, untuk perhitungan mengenai gaya dorong water jet bisa dilakukan dengan persamaan perhitungan sebagai berikut :

$$T = m (V_j - V_i)$$

$$T = \rho A_n V_j (V_j - V_i)$$

Dimana :

- T = Gaya Dorong
- m = Laju Aliran Fluida
- ρ = Massa Jenis Fluida
- A_n = Penampang Outlet Nozzel
- V_j = Kecepatan Aliran Jet
- V_i = Kecepatan Efektif Aliran Inlet

b. Gaya Dorong Efektif

Adalah besar daya yang di butuhkan untuk menggerakkan kapal dengan kecepatan tertentu. Daya dorong yang di hasilkan suatu sistem propulsi harus mampu mengatasi beban tahanan aliran agar kecepatan yang di rencanakan dapat tercapai. Persamaan Daya Dorong Efektif adalah :

$$EHP = RT \cdot V_s$$

Pada kondisi ideal dapat harga R akan sama dengan T sehingga :

$$Pe = m \{ V_j - (1-w)V_s \} V_s$$

Dimana :

V_s = Kecepatan Service

W = fraksi dari arus laut

c. Head Lost System

Bila suatu fluida mengalir dari satu titik ke titik lainnya maka aliran fluida tersebut akan menimbulkan energi mekanik yang dapat di apresiasi dengan persamaan Bernoulli {Fox and Mc. Donald, 1994} sebagai berikut

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + z_2$$

Pada aliran yang tidak menimbulkan efek gesekan maka kecepatan pada tiap titik akan uniform / sama sehingga persamaan bernoulli akan menghasilkan perbedaan energi mekanis sama dengan nol. Kondisi seperti ini dinamakan *Zero Head Loss*. Pada aliran fluida yang mempunyai kekentalan maka efek dari gesekan akan menimbulkan adanya perubahan energi dalam (internal enegry) pada fluida tersebut, sehingga akan menimbulkan adanya perubahan energi mekanik dari fluida tersebut. Perubahan energi mekanik dari fluida tersebut. Perubahan energi mekanik ini dapat di lihat dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + z_2 + h_{LT}$$

Dimana :

h_{LT} merupakan head lost total yang terjadi pada saluran aliran fluida. Head Loss Total ini di dapat dari penjumlahan head loss yang terjadi pada saluran aliran fluida seperti karena panjang saluran, adanya belokan pembesaran penampang dll.

d. Daya Pompa

Aksi Impeller akan menyebabkan fluida dapat mengalir pada tekanan dan laju pada tekan dan laju aliran tertentu, tetapi hal ini juga bisa menimbulkan kerugian sehingga harus di pertimbangkan dalam perencanaan intalasinya. Berdasarkan persamaan energy pada volume kendali, pada pompa dan nozzle berlaku persamaan :

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + hp = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_L$$

Dimana :

P_1 = Tekanan static pada saluran inlet

P_2 = Tekanan static pada saluran outlet

V_1 = Kecepatan aliran pada saluran inlet

V_2	= Kecepatan aliran pada saluran outlet
Z_1	= Tinggi elevasi terhadap sumbu center pompa
H_p	= Head pompa
H_L	= Head Loss

(sumber : Adji, Surjo W. *Water Jet Propulsion System*)

2.3 Pengertian *Jetski*

Jetski adalah kendaraan yang beroperasi di wilayah perairan yang berbentuk selaknyaknya sepeda motor yang memiliki tenaga besar dan mampu bermanuver dengan lincah. *Jetski* pada mulanya adalah sebuah merek dari kendaraan air pribadi (*Personal Watercraft*) yang diproduksi oleh *Kawasaki* pada tahun 1972 dan kendaraan air pribadi yang pertama yang sukses di produksi secara komersil di Amerika.

(Sumber : Martha Dinata, Amin.2014. Perencanaan Design Jet Ski Amphibi Untuk Kebutuhan Militer, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Surabaya)



Gambar 2.4 *Jetski*

(Sumber : <https://www.yamahawaverunners.com>)

2.4 Pengertian dan Macam Impeller

Impeller adalah suatu bagian yang mengubah energi mekanik (energi pada sudu-sudu impeller) diteruskan kepada daya pompa dan akibat adanya efesiensi (adanya kerugian gesekan cairan) karena perubahan arah aliran pada sudu-sudu *impeller*. Secara umum material pembuatan *impeller* ada dua jenis yaitu:

✓ *Ferro*

Impeller dapat di buat dengan metode FCD (*Ferro Casting Ductile*) yaitu sebutan untuk besi cor nodular dalam standar JIS. *Impeller* yang terbuat dari material *ferro* memiliki kelebihan dari segi harga yang lebih ekonomis di banding material non ferro

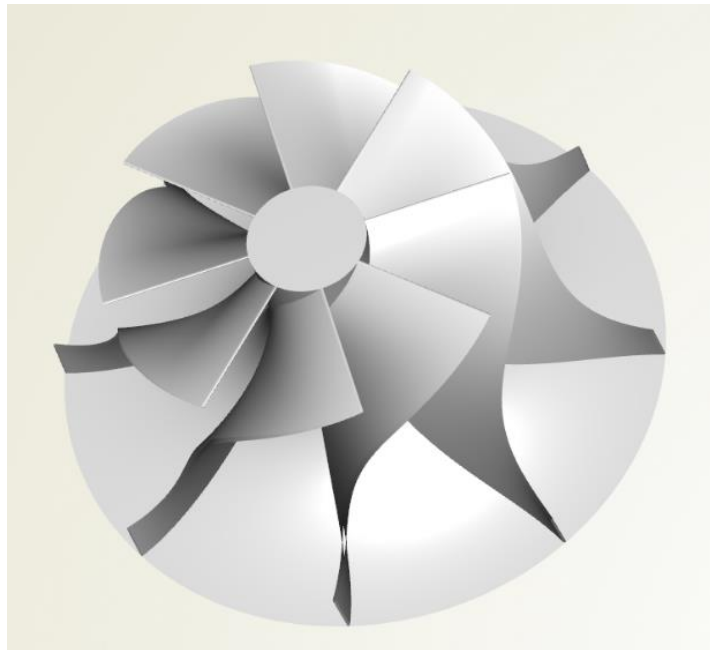
✓ *Non Ferro*

Material *non ferro* jarang di gunakan karena harga yang lumayan mahal. Material *non ferro* yang biasa di gunakan dalam pembuatan *impeller* adalah perunggu.

Dilihat dari bentuk arah aliran pada *impeller* maka bentuk *impeller* secara garis besar di bagi menjadi :

2.4.1 Radial *Impeller*

Impeller ini biasanya di desain antara 4, 6 atau 8 pisau. Untuk membantu bentuk sudu-sudu tersebut maka pada setiap radial *impeller* dilengkapi dengan cover plate pada bagian belakang dan pada bagian depannya (tidak semua). Bentuk radial *impeller* harus dibuat sedemikian rupa dengan sedikit mungkin jumlah sudunya agar tidak merintang aliran cairan pada *impeller*. Penggunaan Radian *impeller* yang khusus seperti untuk memompakan cairan kental, lumpur, atau cairan yang mengandung benda-benda padat maka dibuat radial *impeller* yang mempunyai sudu satu, dua, tiga buah saja. *Impeller* jenis ini juga di sebut *impeller* saluran (*channel impeller*).

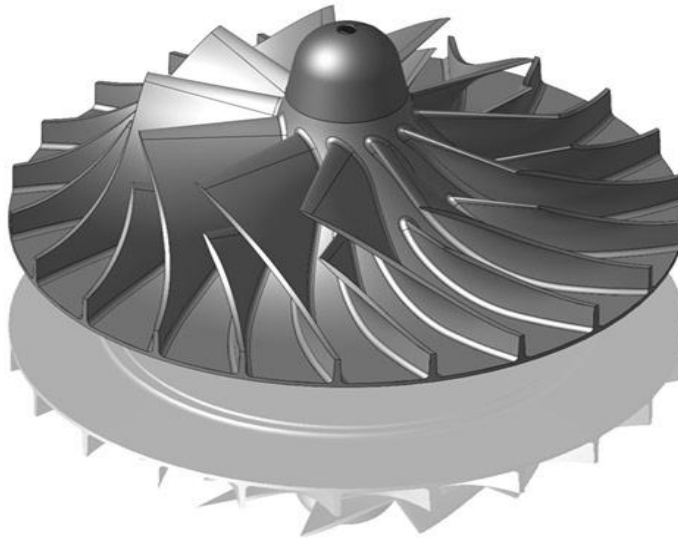


Gambar 2.5 Radial *Impeller*

(Sumber : <https://http://www.hamjet.co.nz//>)

2.4.2 *Mixed flow Imepellers*

Type *impleller* ini dapat dikatakan sama dengan *radial impeller* hanya berbeda pada arah alirannya saja. Biasanya *impeller* ini dipergunakan untuk memompakan cairan dengan kapasitas besar dengan total head yang relatif rendah dibandingkan dengan radial *impeller* tapi lebih tinggi dari axial *impeller*. *Impeller* ini dapat berbentuk terbuka dan tertutup.



Gambar 2.6 *Mixed Flow Impeller*

(Sumber : www.hamjet.co.nz)

2.4.3 *Axial Imepellers*

Axial flow impeller disebut juga *propeller* dimana dapat dipasang secara tetap atau dapat diubah-ubah ketika pompa dibuka maupun diubah-ubah pada saat pompa tersebut dioperasikan. Pompa dengan *impeller* ini digunakan untuk memompa cairan dengan kapasitas yang besar tetapi total *head* yang dicapai relatif rendah. Contoh penggunaan pompa *axial impeller* ini adalah untuk pompa penanggulangan banjir, pompa irigasi, pompa air pendingin pembangkit tenaga listrik dan lain-lain.



Gambar 2.7 *Axial Impeller*

(Sumber : <https://http://www.hamjet.co.nz//>)

(Sumber : Nikosai, Priadi.2015. Optimasi Desain Impeller Pompa Sentrifugal Menggunakan Pendekatan CFD,Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan,Surabaya)

2.5 *SolidWorks*

SolidWorks adalah salah satu *software* bantu yang digunakan untuk merancang part permesinan atau susunan part pemesinan yang berupa assembling dengan tampilan 3d untuk mempresentasikan part sebelum real partnya dibuat atau tampilan 2D(drawing).

SolidWork Model (Templates)

SolidWork terdiri dari beberapa bagian :

- *Part* adalah sebuah objek 3D yang terbentuk dari beberapa fitur . Sebuah *Part* dapat menjadi sebuah komponen pada suatu *assembly*, dan biasa juga digambarkan dalam bentuk 2D pada sebuah *drawing*. Fitur adalah benukan operasi-operasi yang membentuk *part*. *base feature* adalah fitur yang pertama kali dibuat.Ekstensi File *SolidWork* adalah SLDPRT
- *Assembly* adalah sebuah dokumen dimana *part*, *feature* dan *assembly* lain (Sub *Assembly*) disatukan bersama. Ekstensi file untuk *SolidWork Assembly* adalah SLDASM
- *Drawing* adalah gambaran 2D dari sebuah 3D part maupun *assembly*, ekstensi File untuk *Solidwork Drawing* adalah SLDDRW

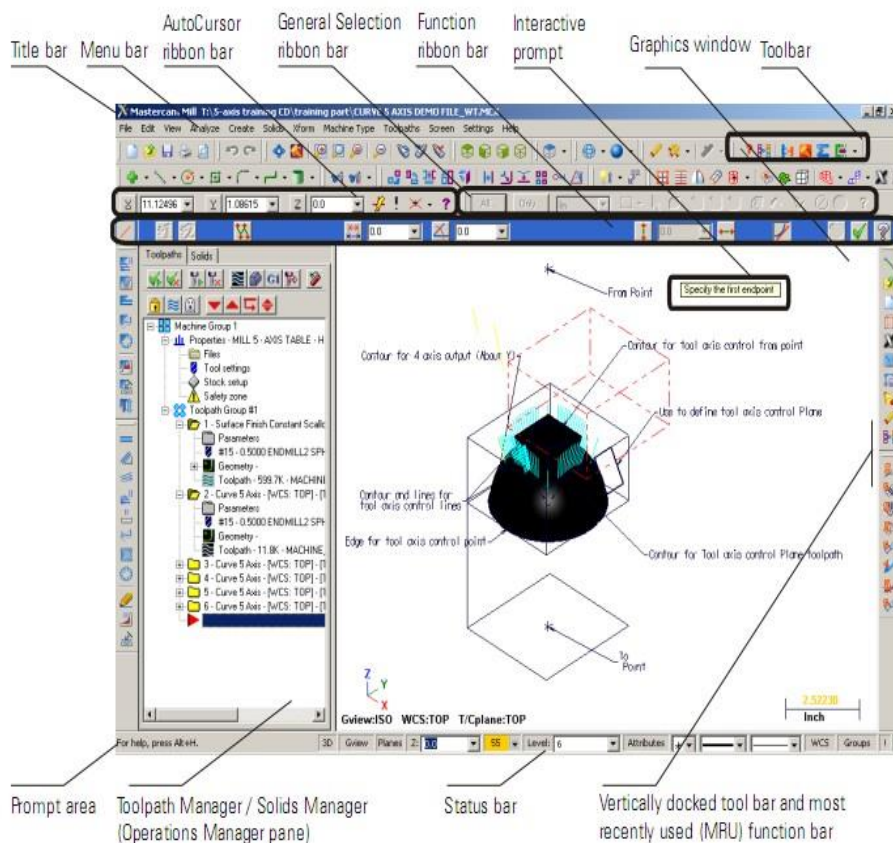
View Orientasi

View orientasi adalah *tool* yang akan mengatur orientasi *view* dari model yang sedang kita kerjakan (*Front View*, *Top View* , *Right View*, *Bottom View*, *Back View*, *Iso*

Metric, Dimetric ataupun Trietric) . Untuk menampilkan View orientasi bisa menggunakan tombol Ctrl + 1, Ctrl + dsb.

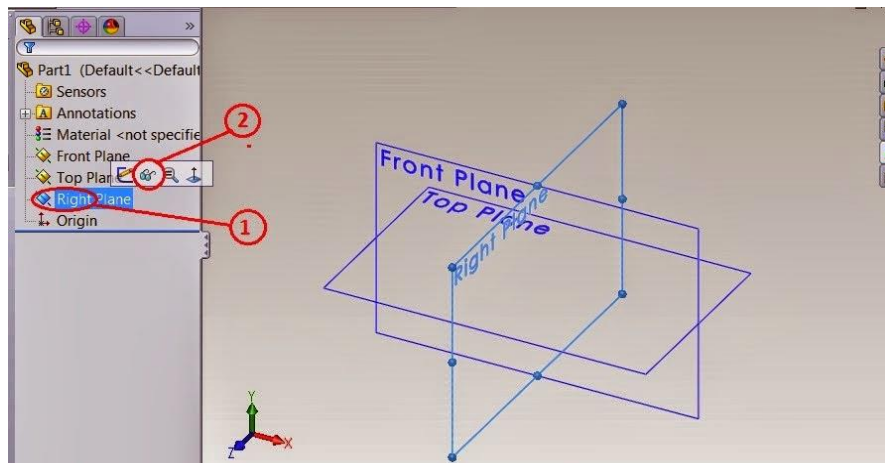
Didalam membuat suatu pemodelan 3D menggunakan *Solidwork 2013*, maka tahapan awal yang kita buat adalah membuat sketsa gambar dari object desain atau model yang akan kita buat . Proses pembuatan sketsa secara umum dilakukan pada bidang (*Plane*) front *Plane*, dan *Right Plane*, atau bisa juga pada bidang tertentu lainnya tergantung kepada bagian fitur-fitur dari obyek desain yang akan kita buat.

Proses sketsa dengan *sketch entilities* atau *sketch toolbar* untuk melakukan proses peng-sketsaan menggunakan *sketch Entilities* atau *sketch tool* dapat dilakukan dengan tahapan proses sebagai berikut.klik **Sketch** pada *command Manager* untuk memunculkan *Sketch toolbar*



Gambar 2.8 Layout software solidwork (manual book solidwork)

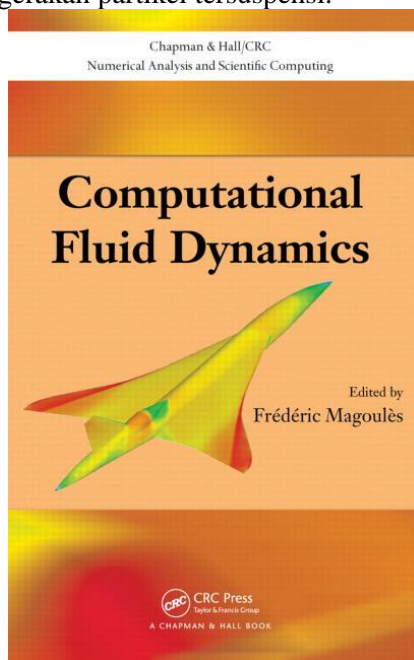
Ketika kita meng-klik salah satu perintah pada *sketch toolbar* maka secara otomatis kita akan diminta untuk menentukan bidang(*plane*) yang menjadi acuan.didalam teori *mechanical engineering design* bidang acuan ini bisa diartikan sebagai bentuk pandangan dari suatu obyek desain.tampilan perintah yang diminta oleh program *solidwork* untuk menentukan bidang gambar sketsa dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 2.9 : Bagian bidang gambar (Plane)

2.6 Computation Fluid Dynamics (CFD)

Merupakan analisis sistem yang melibatkan aliran *fluida*, perpindahan panas, dan fenomena yang terkait lainnya seperti reaksi kimia dengan menggunakan simulasi komputer. Metode ini meliputi fenomena yang berhubungan dengan aliran fluida seperti sistem *liquid* dua fase, perpindahan massa dan reaksi panas, reaksi kimia dispersasi gas atau pergerakan partikel tersuspensi.



Gambar 2.9 Computational Fluid Dynamics

(Sumber : [http:// www.crcpress.com/](http://www.crcpress.com/))

Secara umum kerja CFD meliputi formulasi persamaan-persamaan *transport* yang berlaku, formulasi kondisi batas yang sesuai, pemilihan atau pengembangan kode-kode komputasi untuk mengimplementasikan teknik numerik yang digunakan. Suatu kode CFD memiliki 3 elemen utama yaitu :

1. *Pre-processor*

Pre-processor meliputi masukan dari permasalahan aliran ke suatu program CFD dan transformasi dari masukan tersebut ke bentuk yang cocok di gunakan oleh *solver*. Langkah langkah dalam tahap ini adalah sebagai berikut :

- Pendefinisian geometri yang dianalisa
- *Mesh generation*, yaitu pembagian daerah domain menjadi bagian bagian lebih kecil yang tidak tumpang tindih.
- Seleksi fenomena fisik & kimia yang perlu dimodelkan
- Pendefinisian Properti fluida
- Pemilihan *boundary condition* (kondisi batas) pada kontrol volume atau sel yang berhimpit pada batas domain
- Penyelesaian permasalahan aliran (kecepatan, tekanan, temperatur dsb) yang didefinisikan pada titik nodal dalam setiap sel. Kekuatan penyelesaian CFD di tentukan oleh jumlah sel dalam grid.

2. *Solver*

Solver dapat di bedakan menjadi 3 jenis yaitu *finite difference*, *finite element* dan *metode spectral*. Secara umum *metode numerik solver* terdiri dari langkah langkah berikut :

- Prediksi variable aliran yang tidak di ketahui dengan menggunakan fungsi sederhana.
- Diskretasi dengan substitusi prediksi-prediksi tersebut menjadi persamaan persamaan aliran utama yang berlaku dan kemudian melakukan manipulasi matematis
- Penyesuaian persamaan aljabar. Pada proses solver terdiri dari 3 persamaan aturan aliran fluida yang menyatakan hukum kekekalan fisika yaitu ;
 - a) Massa fluida kekal
 - b) Laju perubahan momentum sama dengan resultansi gaya pada partikel fluida (Hukum Newton)
 - c) Laju perubahan energi sama dengan resultansi laju panas yang di tambahkan dan laju kerja yang di berikan pada partikel fluida (Hukum 1 Termodinamika)

3. *Post processor*

Merupakan tahapan visualisasi dari tahapan sebelumnya. *Past Processor* semakin berkembang seiring majunya *engineering workstation* yang mempunyai kemampuan grafik dan visualisasi cukup besar. Alat visualisasi tersebut antara lain ;

- *Domain* geometri dan *display*
- *Plot vector*

- *Plot contour*
- *Plot 2D dan 3D surface*
- *Particle tracking*
- *Manipulasi tampilan (tranlasi, skala dan sebagainya)*
- *Animasi display hasil dinamik*

Kemampuan CFD dan pesatnya perkembangan kecepatan komputasi telah membuat penggunaan CFD sebagai alat untuk mendapatkan solusi dalam dunia engineering. Penggunaannya telah meliputi area yang luas pada industri dan aplikasi-aplikasi keilmuan.

CFD dapat digunakan untuk menghasilkan prediksi kualitatif dan terkadang bahkan prediksi kualitatif dalam aliran fluida, hal ini banyak dilakukan dengan menggunakan beberapa metode:

- a. Model matematika (Persamaan Diferensial Parsial), khususnya memecahkan persamaan Navier-Stokes
- b. Metode numerik (diskritisasi dan teknik solusi)
- c. *Tools* Perangkat lunak (*solvers, tools pre- dan postprocessing*)

CFD digunakan oleh para ilmuwan dan engineer untuk melakukan sebuah eksperimen numerik dalam sebuah virtual laboratorium. Dalam karakteristik aliran, CFD dapat memperlihatkan pola-pola aliran yang lebih detail dan akurat yang akan sulit dan mahal, bahkan tidak mungkin dilakukan dengan menggunakan teknik *eksperiment*. CFD memiliki kemampuan untuk sistem studi di bawah kondisi berbahaya pada saat atau sesudah melewati titik kritis (termasuk studi keselamatan dan skenario kecelakaan). Salah satu contoh aplikasi yang telah dilakukan adalah dalam analisa mendapatkan gaya-gaya dan efek dari sebuah riset yang memiliki sangat panjang dan berada didalam laut dalam.

Schowalter, dkk menyatakan bahwa toleransi kesalahan dalam pen-skalaan dapat dikurangi dengan adanya CFD. Dalam area penelitian yang berbeda, penerapan CFD dilakukan sebagai pembandingan dengan eksperimen apabila memungkinkan dilakukan eksperimen dan menjadi superior dalam hal eksperimen sangat sulit atau bahkan tidak mungkin dilakukan.

Dalam hal prediksi sebuah fenomena aliran, maka CFD dapat digunakan untuk mendapatkan kuantitas yang diinginkan dengan resolusi yang tinggi untuk setiap bagiandan waktu. Pemanfaatan CFD juga digunakan sebagai metode untuk menyederhanakan (secara virtual) permasalahan dengan kondisi- kondisi operasi yang realistis dan tetap padadomain aliran yang aktual.

(Sumber : Nikosai, Priadi.2015. **Optimasi Desain Impeller Pompa Sentrifugal Menggunakan Pendekatan CFD**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Surabaya)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahap Pelaksanaan Tugas Akhir

Metode penelitian adalah suatu proses dalam penulisan ilmiah yang bertujuan untuk membuat suatu kerangka dasar penyelesaian terhadap permasalahan yang diteliti dimana berisi langkah-langkah yang akan dijalankan untuk menyelesaikan penelitian tersebut. Dalam penulisan tugas akhir ini metode yang digunakan ialah analisa simulasi. Dimana dilakukan analisa berdasarkan hasil simulasi model *blade impeller waterjet* dengan variasi jumlah blade menggunakan *software* AnsysTM. Metode penelitian dalam penulisan tugas akhir ini secara umum akan dibagi menjadi beberapa tahap yaitu :

3.1.1 Perumusan Masalah

Pada tahap ini dilakukan pengidentifikasian masalah dari suatu kasus yang akan menjadi objek penelitian. Penyusunan latar belakang, rumusan masalah dan batasan masalah dilakukan agar penulisan lebih terfokus dan mencapai hasil yang diinginkan. Setelah identifikasi masalah, dilakukan studi literatur yang bertujuan untuk mempelajari dan mengumpulkan informasi pendukung terkait penulisan tugas akhir.

3.1.2 Studi Literatur

Setelah identifikasi masalah diketahui, langkah selanjutnya yang dilakukan mencari studi literatur yang bertujuan untuk mempelajari dan mengumpulkan informasi pendukung terkait penulisan tugas akhir sebagai referensi dan acuan dalam pengerjaan.

3.1.3 Pengumpulan Data

yaitu mengambil data-data yang dibutuhkan dalam hal ini berupa ukuran *waterjet*, perencanaan hull jetski, menghitung engine water matching, data tentang impeller, data tentang jetski dan beberapa data yang lain.

3.1.4 Perhitungan

Selanjutnya adalah melakukan perhitungan dan mendapatkan data yang sesuai, lalu dianalisa sebagai acuan dalam pengembangan blade impeller yang memiliki efisiensi yang optimal menggunakan metode CFD.

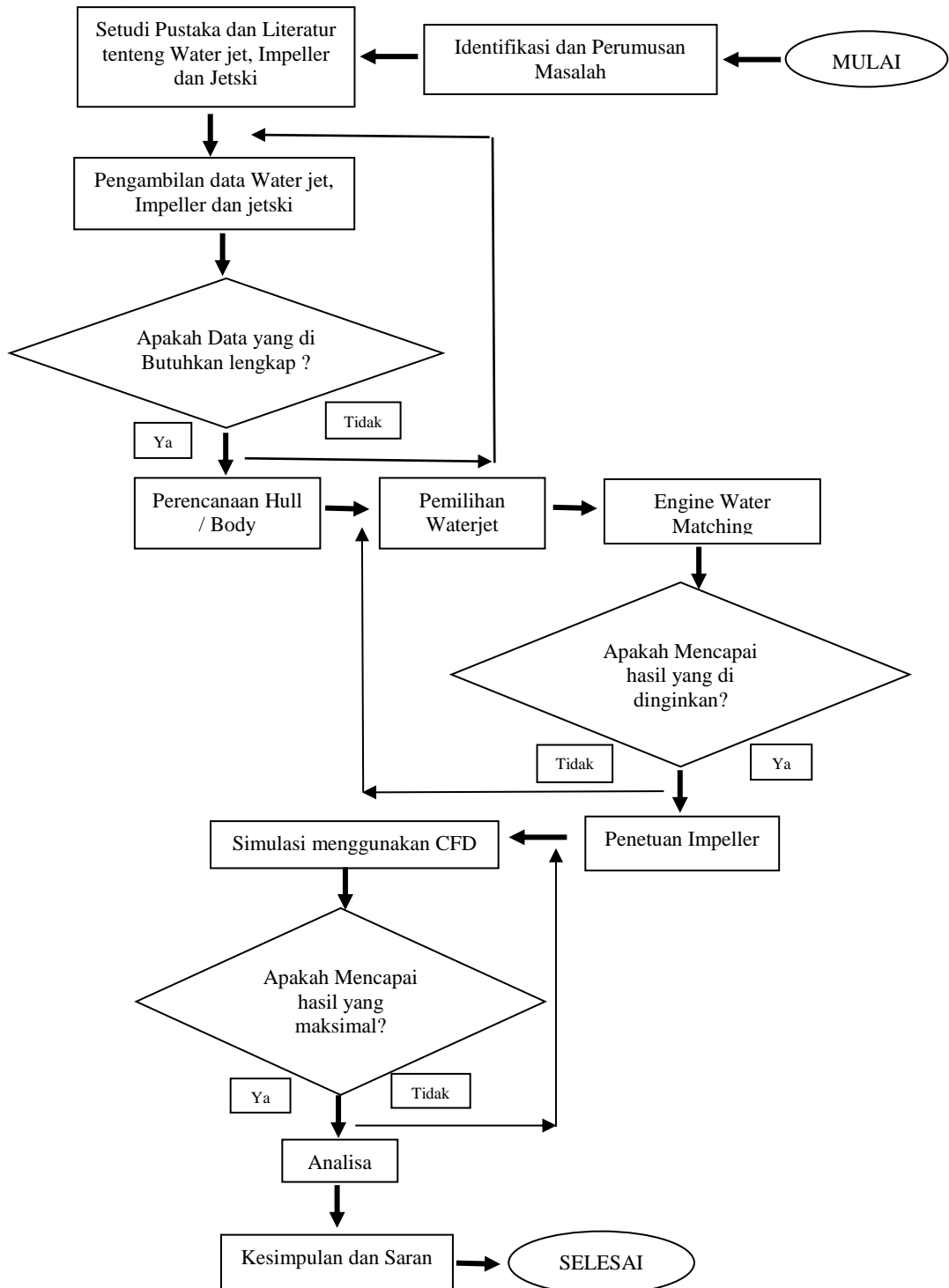
3.1.5 Analisa

Pada tahap ini yang merupakan tahap terakhir ialah dilakukan analisa dan pembahasan terkait dari hasil simulasi dari CFD. Dari hasil simulasi tersebut dilihat dan dianalisa apakah telah menjawab hasil dari tujuan diawal.

3.1.6 Kesimpulan dan saran

Langkah terakhir adalah membuat kesimpulan keseluruhan proses yang telah dilakukan sebelumnya serta memberikan jawaban atas permasalahan yang ada. Saran-saran diberikan berdasarkan hasil dari analisis yang dapat dijadikan dasar pada penelitian selanjutnya, baik terkait secara langsung pada penelitian ini ataupun pada data-data dan metodologi yang nantinya akan direferensi.

3.2 Diagram Alir



“ halaman sengaja di kosongkan “

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data

JetSki adalah Sebuah merek dari Kendaraan air pribadi (Personal Watercraft) yang diproduksi oleh Kawasaki. Pada tahun 1972 Kendaraan Air pribadi (Personal Watercraft) adalah kendaraan yang pertama yang sukses di produksi secara komersil di Amerika.

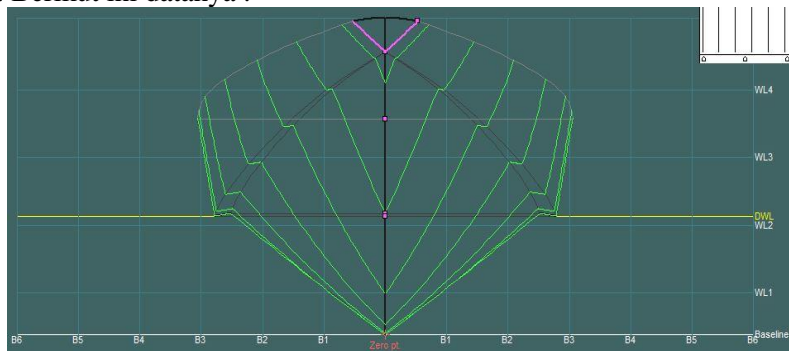
Untuk Perhitungan data Jetski menggunakan data dengan spesifikasi sebagai berikut :

LOA	: 3,2	m
B	: 1,2	m
H	: 1	m
T	: 0.35	m
Max Speed	: 60	Knots

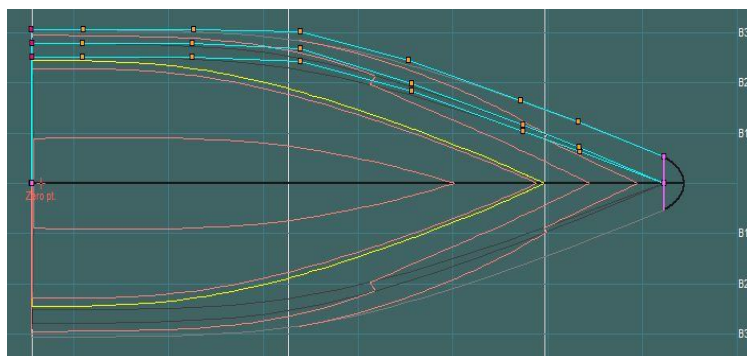
4.2 Desain

4.2.1 Desain Lambung Jetski

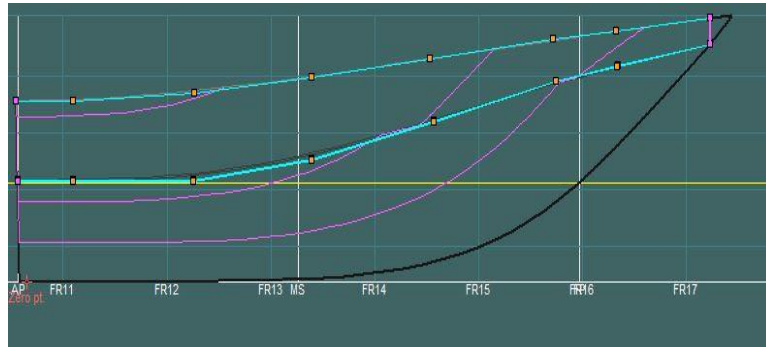
Untuk mendesain bentuk lambung jetski maka digunakan program maxsurf modeler, dan data dari program maxsurf modeler tersebut akan di pindahkan atau ditransfer ke program maxsurf resistance untuk dilaksanakan perhitungan secara komputer. Berikut ini datanya :



Gambar 4.1 *Body Plan*



Gambar 4.2 *Half Breadth Plan*



Gambar 4.3 Sheer Plan

4.2.2 Analisa

Berikut adalah tampilan hasil analisa dari lambung jetski menggunakan program maxsurf resistance

	Item	Value	Units	Savitsky Pre-planin g	Savitsky Planing
1	LWL	3,2	m	3,2	3,2
2	Beam	1,2	m	1,2	1,2
3	Draft	0,35	m	--	--
4	Displaced volume	0,308	m³	0,308	0,308
5	Wetted area	2,414	m²	2,414	--
6	Prismatic coeff. (Cp)	0,654		--	--
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,677		--	--
8	1/2 angle of entrance	18,2	deg.	18,2	--
9	LCG from midships(+ve for	-0,39	m	--	-0,39
10	Transom area	0	m²	0	--
11	Transom wl beam	0,039	m	--	--
12	Transom draft	0	m	--	--
13	Max sectional area	0,175	m²	0,175	--
14	Bulb transverse area	0	m²	--	--
15	Bulb height from keel	0	m	--	--
16	Draft at FP	0,35	m	--	--
17	Deadrise at 50% LWL	41,9	deg.	--	41,9
18	Hard chine or Round bilge	Hard chine		--	--
19					
20	Frontal Area	0	m²		
21	Headwind	0	kn		
22	Drag Coefficient	0			
23	Air density	0,001	tonne/		
24	Appendage Area	0	m²		
25	Nominal App. length	0	m		
26	Appendage Factor	1			
27					
28	Correlation allow.	0,0004			Varies wit
29	Kinematic viscosity	0,0000011	m²/s		
30	Water Density	1,026	tonne/		

Gambar 4.4 Analisis dari Maxsurf Resistance

Dari data di atas dapat diketahui tahanan yang dihasilkan setelah jetski di desain.

4.2.3 *Speed Power Prediction*

Pada analisa ini menggunakan metode savitsky pre-planing dan satvisky planning, dengan range kecepatan yang di gunakan adalah 20 knots sampai 60 knots serta menggunakan efisiensi 60 %

Tabel 4.1 *Speed Power Prediction*

	Speed (knots)	Savitsky Planning Resistance (kN)	Savitsky Planning Power (kW)
1	20,000	0,8	14,244
2	21,000	0,9	15,319
3	22,000	0,9	16,501
4	23,000	0,9	17,796
5	24,000	0,9	19,208
6	25,000	1,0	20,741
7	26,000	1,0	22,400
8	27,000	1,0	24,190
9	28,000	1,1	26,116
10	29,000	1,1	28,180
11	30,000	1,2	30,389
12	31,000	1,2	32,746
13	32,000	1,3	35,256
14	33,000	1,3	37,922
15	34,000	1,4	40,750
16	35,000	1,5	43,744
17	36,000	1,5	46,908
18	37,000	1,6	50,246
19	38,000	1,7	53,763
20	39,000	1,7	57,463
21	40,000	1,8	61,350
22	41,000	1,9	65,429
23	42,000	1,9	69,704
24	43,000	2,0	74,179
25	44,000	2,1	78,859
26	45,000	2,2	83,748
27	46,000	2,3	88,850
28	47,000	2,3	94,170
29	48,000	2,4	99,711
30	49,000	2,5	105,479
31	50,000	2,6	111,477
32	51,000	2,7	117,709
33	52,000	2,8	124,181
34	53,000	2,9	130,895
35	54,000	3,0	137,857

36	55,000	3,1	145,071
37	56,000	3,2	152,541
38	57,000	3,3	160,270
39	58,000	3,4	168,265
40	59,000	3,5	176,527
41	60,000	3,6	185,063

Setelah mengetahui hasil dari program maxsurf resistance, maka akan di ketahui berapa power yang di butuhkan agar Jetski tersebut dapat bergerak, sehingga nanti akan ada korelasi antara mesin yang di pilih dengan *waterjet* yang di pilih agar JetSki mampu melawan tahanan untuk dapat bergerak cepat. Berdasarkan tabel diatas dimana pada kecepatan maksimum yaitu 60 knots tahanan yang dihasilkan sebesar 3,6 kN dan power yang di butuhkan sebesar 185,063 kW.

4.3 Perhitungan Dimensi Jet

4.3.1 Daya Dorong Efektif

Perencanaan sistem water jet jetski di laksanakan pada daya maksimal sehingga mencapai kecepatan 60 knot. Dari persamaan berikut besar daya dorong efektif adalah

$$\begin{aligned}
 EHP &= R_t \times V_s \\
 EHP &= 3.6 \times 30,86 \\
 &= 111,11 \text{ kW} \\
 &= 148,88 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

4.3.2 Gaya Dorong yang di butuhkan

Gaya Dorong bisa di rumuskan dengan $T = \frac{R_t}{(1-t)}$ dimana nilai dari faktor deduksi gaya dorong (t) disarankan -0.05 sampai 0.20. dalam perhitungan ini di ambil nilai t sebesar 0. Sehingga besar gaya dapat di rumuskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 T &= R_t \\
 &= 3.6 \text{ kN} \\
 &= 1079,082 \text{ lbf}
 \end{aligned}$$

Perkiraan awal dalam perancangan sistem *waterjet* maka di ambil *Overall Propulsive Coefficient* (OPC) dengan nilai 0,65 sehingga nilai BHP adalah

$$\begin{aligned}
 BHP &= T \times \frac{V_s}{OPC} \\
 &= 3.6 \times \frac{30,864}{0,65} \\
 &= 170,93 \text{ kW} \\
 &= 229,05 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

Jika BHP hasil dai *Maxsurf* adalah BHPscr maka BHPmcr dengan margin 15% adlah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 BHP &= \frac{BHP}{1-15\%} \\
 &= \frac{170,93}{85\%} \\
 &= 201,104 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

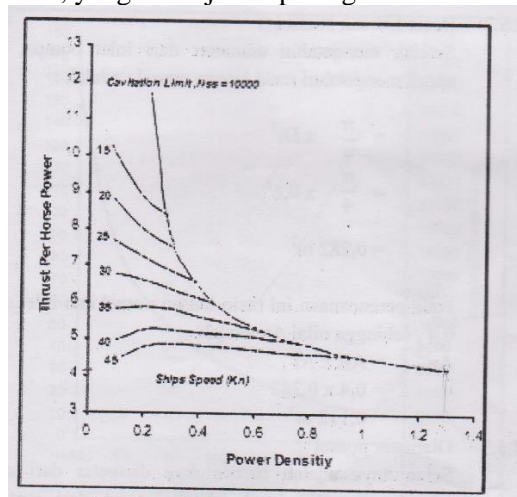
$$=269,48 \text{ HP}$$

Pada warter jet di rencanakan impeller digerakan oleh motor dengan transmisi kopling dengan efisiensi 0,96 – 0,99. Dalam perancangan ini di ambil nilai efisiensi sebesar 0,96 sehingga nilai SHP adalah

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= \text{BHP} \times \eta_t \\ &= 201,104 \times 0,96 \\ &= 193,06 \text{ kW} \\ &= 258,701 \text{ HP} \end{aligned}$$

4.3.3 Dimensi Jet

Menurut Band Lavis 1992, yang di tunjukan pada gambar



Gambar 4.5 diagram dimensi inlet *waterjet*

(Sumber : Martha Dinata, Amin.2014. ***Perencanaan Design Jet Ski Amphibi Untuk Kebutuhan Militer***, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Surabaya)

Dimensi inlet water jet menunjukan harga (T/SHP) dalam satuan (lbf/HP) dapat di tentukan harga *power density* (SHP/Di^2) dengan satuan (HP/cm^2)

$$\begin{aligned} \frac{T}{\text{SHP}} &= \frac{1079,082}{258,701} \\ &= 4,17 \end{aligned}$$

Dari diatas nilai (T/SHP) adalah 4,17 maka haraga (SHP/Di^2) = 0,39. Setelah di dapat HP Density maka dimensi dimensi dari *waterjet* yang lainya dapat di hitung

a) Diameter Inlet Pompa

$$\begin{aligned} \text{Di} &= \sqrt{\frac{\text{SHP}}{0,39}} \\ &= \sqrt{\frac{163,315}{0,39}} \\ &= 12,18 \text{ cm} \\ &= 0,12 \text{ m} \end{aligned}$$

b) Rasio luasan nozel

$$\begin{aligned} A_i &= \frac{\pi}{4} \times D_i^2 \\ &= \frac{3,14}{4} \times 0,12^2 \\ &= 0,011 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

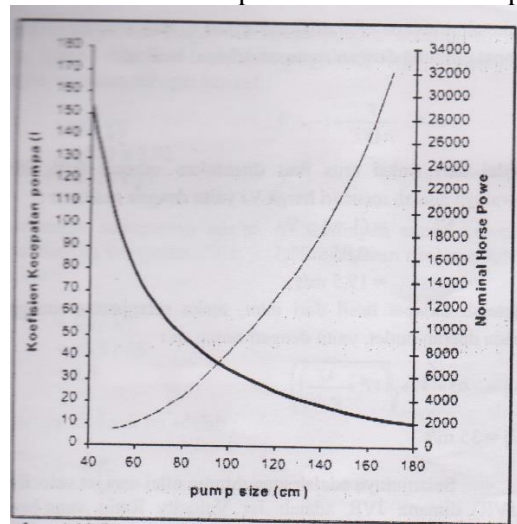
Rasio luasan nossel dan luasan inlet adalah 0,4 sehinggann An dapat di hitung

$$\begin{aligned} A_n &= A_R \times A_i \\ &= 0,4 \times 0,011 \\ &= 0,0046 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

c) Diameter Nossel

$$\begin{aligned} D_n &= \sqrt{A_R \times D_i^2} \\ D_n &= \sqrt{0,4 \times 0,12^2} \\ &= 0,07 \text{ m} \end{aligned}$$

Setelah di dapat nilai Di maka di dapat di ketahui nilai K1 pada diagram



Gambar 4.6 Diagram ukuran Standart System *Waterjet*
(Sumber : Martha Dinata, Amin.2014. *Perencanaan Design Jet Ski Amphibi Untuk Kebutuhan Militer*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Surabaya)

Dari pembacaan grafik diatas nilai untuk Di 20,46 cm oleh sebab itu nilai dari K1 adalah 152

4.4 Perhitungan OverAll Propulsive Coefficient (OPC)

4.4.1 Fraksi Arus

Menurut ITTC 1996 fraksi arus ikut (w) pada inlet sistem *waterjet*, dapat di hitung dengan rumus :

$$w = \frac{T}{\rho \times Q_j \times V} \times 1 - \text{JVR}$$

JVR (*Jet Velocity Ratio*) yaitu kecepatan aliran yang melewati nosel / jet berbanding dengan kecepatan. Harga kapasitas aliran yang melewati jet (Q_j) dan JVR belum di ketahui maka dalam perhitungan awal diasumsikan nilai fraksi arus ikut (w) sebesar 0,05. Sehingga nilai kecepatan Inlet (V_i) adalah

$$\begin{aligned} V_i &= (1 - w) \times V_s \\ &= (1 - 0,05) \times 30,86 \\ &= 29,32 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Setelah diketahui besaran dari kecepatan inlet maka kecepatan aliran outlet dapat di cari dengan persamaan :

$$\begin{aligned} V_j &= 0,5 \times \left\{ V_i + \sqrt{\left(\frac{4 \times T}{\rho \times A_n} + V_i^2 \right)} \right\} \\ V_j &= 0,5 \times \left\{ 29,32 + \sqrt{\left(\frac{4 \times 3600}{1025 \times 0,046} + 29,32^2 \right)} \right\} \\ &= 29,32 \text{ m/s} \end{aligned}$$

JVR (*Jet Velocity Ratio*) untuk sistem *waterjet* dapat di hitung dengan :

$$\begin{aligned} JVR &= \frac{V_j}{V_s} \\ &= \frac{29,32}{30,864} \\ &= 0,95 \end{aligned}$$

Untuk menghitung kapasitas aliran yang melewati Nossel di gunakan rumus :

$$\begin{aligned} Q_j &= A_n \times V_j \\ &= 0,0046 \times 29,32 \\ &= 0,136 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 2167,22 \text{ GPM} \end{aligned}$$

Variabel dari fraksi arus ikut dapat di hitung kembali dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} w &= \frac{T}{\rho \times Q_j \times V} \times 1 - JVR \\ &= \frac{3600}{1025 \times 0,136 \times 30,86} \times 1 - 0,95 \\ &= 0,05 \end{aligned}$$

Karena harga fraksi arus ikut yang di dapat sudah sesuai dengan perkiraan di awal maka perhitungan *OPC* (*OverAll Propulsive Coefficient*) yang telah di rencanakan bisa di lanjutkan.

Laju aliran massa (m) dapat dihitug dengan rumus :

$$\begin{aligned} m &= \rho \times Q_j \\ &= 1025 \times 0,136 \\ &= 140,14 \text{ Kg/J} \end{aligned}$$

Perbandingan antara Kecepatan Jetski dan Kecepatan aliran yang melewati jet dapat di rumuskan dengan :

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{V_s}{V_j} \\ &= \frac{30,86}{29,32} \\ &= 1,052 \end{aligned}$$

Efisiensi ideal jet (η_{ideal}) besarnya di dapat dari :

$$\begin{aligned}\eta_{ideal} &= \frac{2 \times \mu}{1 + \mu} \\ &= \frac{2 \times 1,05}{1 + 1,05} \\ &= 1,025\end{aligned}$$

Dalam perencanaan Sistem *waterjet* nilai rugi koefisien inlet (ψ) antara 16 – 20 %. Dalam perhitungan harga yang diambil sebesar 16%. Karena *waterjet* ini bersistem saluran pemasukan jenis flush inlet dan daerah oprasi di perairan bersih.

Sedangkan rugi pada nossel (ζ) antara 1% - 4%, maka dalam perhitungan kali ini diambil 1% karena rugi nossel relative kecil dibanding saluran inlet. Sehingga nilai efisiensi jet aktual (η_{aktual}) adalah

$$\begin{aligned}\eta_{aktual} &= \frac{1}{1-w} \times \frac{2 \times \mu \times (1-\mu)}{(1+\psi) - (1-\zeta) \times \mu^2 + 2 \times g \times h_j / v_j^2} \\ &= \frac{1}{1-0,05} \times \frac{2 \times 1,052 \times (1-1,052)}{(1+0,16) - (1-0,01) \times 1,052^2 + 2 \times 9,8 \times 1 / 29,32^2} \\ &= 1,19\end{aligned}$$

Dalam Perhitungan *OPC* (*OverAll Propulsive Coefficient*) di asumsikan efisiensi pompa adalah 0,9 dan efisiensi rotative 0,98 sehingga persamaan dalam mencari OPC adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}OPC &= \eta_{aktual} \times \eta_p \times \eta_{rr} \times \eta_T (1-t) \\ &= 1,19 \times 0,9 \times 0,98 \times 0,97 \times (1-0) \\ &= 0,65\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *OPC* (*OverAll Propulsive Coefficient*) nilai yang di dapat sudah sesuai dengan perikraan di awal, sehingga perhitungan sudah bisa di lanjutkan.

4.5 Perhitungan Putaran Pompa

Besar Putaran Pompa (N) untuk sistem *waterjet* dapat di hitung dari SHP dan koefisien kecepatan pompa (K) yang sudah di dapat pada perhitungan sebelumnya. Sehingga Nilai putaran pompa adalah

$$\begin{aligned}N &= K \times SHP^{1/3} \\ &= 152 \times 218,84^{1/3} \\ &= 915,98 \text{ RPM}\end{aligned}$$

4.6 Perhitungan Head Losses

4.6.1 Perhitungan head Loss Mayor

Dalam perhitunag *head loss* mayor di sekenariokan *waterjet* punya luas penampang yang konstan saluran ini di buat dari bahan stainless steel denga kekasaran $e : 0,045$ dan kekasaran relative e/D adalah 0,021. Harga Reynold number pada pada aliran masuk adalah

$$\begin{aligned}Re &= \frac{V \times D}{\nu} \\ Re &= 5,225 \times 10^7\end{aligned}$$

Setelah di ketahui Reynold number maka nilai friction factor bisa di ketahui

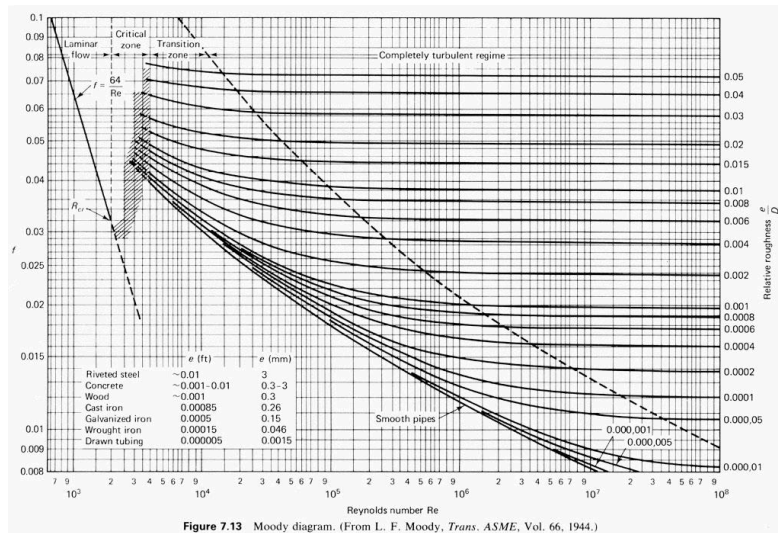


Figure 7.13 Moody diagram. (From L. F. Moody, *Trans. ASME*, Vol. 66, 1944.)

Gambar 4.7 Diagram Moody
(Sumber : www.nuclear-power.net)

Dari diagram di atas nilai friction factor adalah 0,24 maka *head loss* mayor dapat di hitung

$$\begin{aligned}
 H_{I1} &= f \times \frac{L \times V_i^2}{D \times 2g} \\
 &= \frac{0,024 \times 12 \times 29,32^2}{2 \times 9,8} \\
 &= 2,54 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.6.2 Perhitungan *Head Loss* Minor

Head Loss Minor untuk saluran masuk jenis *flush inlet* sehingga harga koefisien minor loss (K_2) dari saluran ini adalah 0,04. Sehingga dapat di hitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 H_{I2} &= \frac{K \times V_i^2}{2g} \\
 &= \frac{0,04 \times 29,32^2}{2 \times 9,8} \\
 &= 1,06 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.6.3 Perhitungan *head Loss* Nossel

Besar koefisien rugi (K_2) untuk *nossel* pada *waterjet* adalah 0,06 sehingga besar persamaan nya adalah :

$$\begin{aligned}
 H_{I3} &= \frac{K \times V_i^2}{2g} \\
 &= \frac{0,06 \times 29,32^2}{2 \times 9,8} \\
 &= 2,015 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.6.4 Perhitungan *Losses* Minor Belokan

Besar *head loss* minor untuk belokan sesuai dengan persamaan berikut adalah :

$$\begin{aligned}
 H_{l4} &= f \times \frac{Le}{D} \times \frac{Vi^2}{2g} \\
 &= \frac{0,024 \times 12 \times 29,32^2}{2 \times 9,8} \\
 &= 8,42 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.6.5 Head Loss Minor Pengecilan Bertahap

Pengecilan bertahap saluran *waterjet*, dengan sudut $15^\circ - 40^\circ$ dengan nilai K_2 adalah 0,05. Sehingga *head*nya :

$$\begin{aligned}
 H_{l4} &= \frac{K \times Vi^2}{2g} \\
 &= \frac{0,05 \times 29,32^2}{2 \times 9,8} \\
 &= 2,19 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi Besar *head loss* total adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Head Loss Total} &= H_{l1} + H_{l2} + H_{l3} + H_{l4} + H_{l5} \\
 &= 13,65 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.7 Perhitungan Putaran Spesifik

Putaran Spesifik adalah Nilai yang saling terkait antara kapasitas, *head* dan daya pompa. Besar dari nilai putarn spesifik adalah :

$$Ns = N \times \frac{\sqrt{Qj}}{H^{0,75}}$$

Dimana Qj nilainya $0,316 \text{ m}^3/\text{s}$ atau jika dikonversikan ke dalam satuan Gallon per menit maka (GPM) maka nilainya

$$Qj = 2167,22 \text{ GPM}$$

Dimana nilai dari *head* pompa dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{Vj^2}{2g} + \frac{Vi^2}{2g} + H \text{ total} \\
 &= \frac{29,32^2}{2 \times 9,8} + \frac{29,32^2}{2 \times 9,8} + 13,65 \\
 &= 13,65 \text{ m} \\
 &= 44,78 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Jadi putaran spesifik pompa dapat di hitung dengan persamaan :

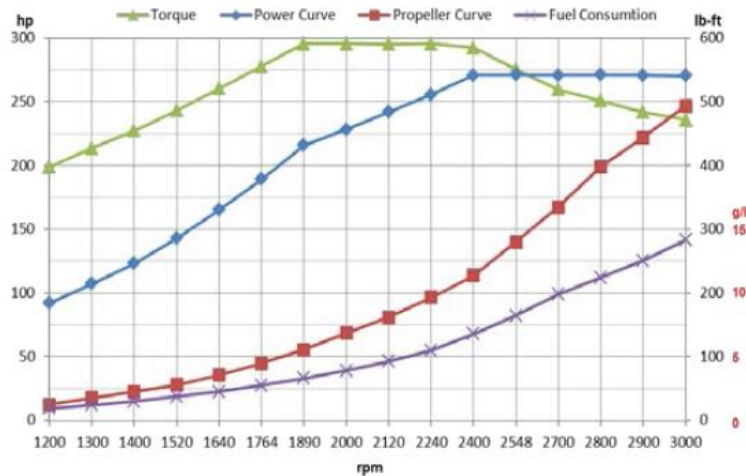
$$\begin{aligned}
 Ns &= N \times \frac{\sqrt{Qj}}{H^{0,75}} \\
 &= 968 \times \frac{\sqrt{2167}}{44,78^{0,75}} \\
 &= 2604,51
 \end{aligned}$$

Masing masing pompa memiliki efisiensi maksimum yang berbeda pada tiap putaran. Dari harga Ns di ketahui jenis pompa yang digunakan jenis sentrifugal dengan putaran spesifik $Ns < 4000$

4.8 Pemilihan Sistem Propulsi

4.8.1 Pemilihan *Engine*

Dalam perhitungan sebelumnya dapat di tentukan mesin yang akan dipilih untuk jetski tersebut. Parameternya adalah daya pada kecepatan maksimum yaitu 170,93 kW.



Gambar 4.8 Grafik *Performance engine*

Sumber : Fiat Powertrain Technology Project guide

Dari grafik di atas di peroleh yang di peroleh dari project guide *engine* menunjukkan output daya maksimum *engine* sebesar 199 kW. Berdasarkan project guide spesifikasi *engine* tersebut adalah

Type : FPT N60 400 C
 Merk : Fiat Powertrain Technology
 Max. Output : 199 kW
 Max Torque : 471 lb-ft

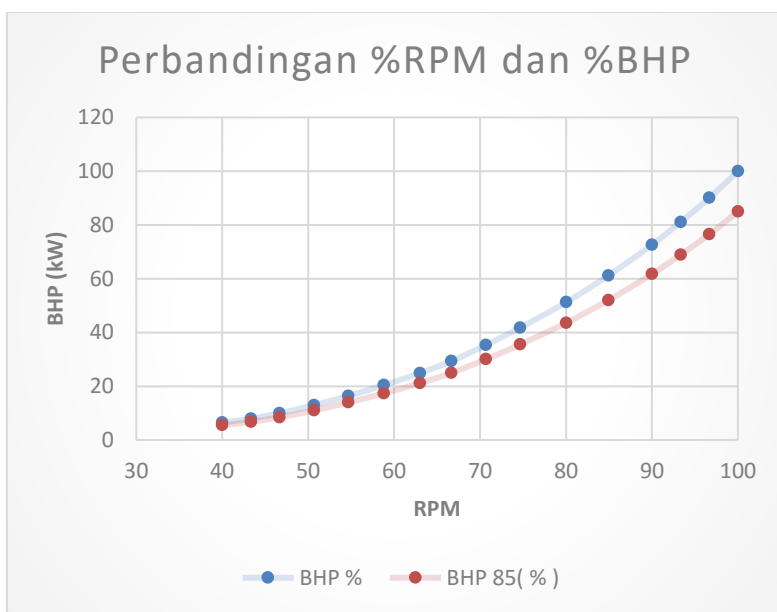
4.8.2 Karakteristik *Engine*

Setelah memilih *engine* yang akan di gunakan untuk jetski maka karakteristik *engine* bisa di tentukan dalam unjuk kerja (Performance) yang di ketahui dari grafik performa project guide dengan ratio gear 1:1. Adapun kemampuan dari *engine* adalah :

Tabel 4.2 Unjuk Kerja (*Performance*) *engine*

RPM	BHP (kW)	BHP 85%	% RPM	BHP %	BHP 85 (%)
3000	201	170,85	100	100	85
2900	181	153,85	96,667	90,050	76,542
2800	163	138,55	93,333	81,095	68,930
2700	146	124,1	90	72,637	61,741
2548	123	104,55	84,933	61,194	52,015
2400	103	87,55	80	51,244	43,557
2240	84	71,4	74,667	41,791	35,522

2120	71	60,35	70,667	35,323	30,025
2000	59	50,15	66,667	29,353	24,950
1890	50	42,5	63	24,876	21,144
1764	41	34,85	58,8	20,398	17,338
1640	33	28,05	54,667	16,418	13,955
1520	26	22,1	50,667	12,935	10,995
1400	20	17	46,667	9,950	8,458
1300	16	13,6	43,333	7,960	6,766
1200	13	11,05	40	6,468	5,498

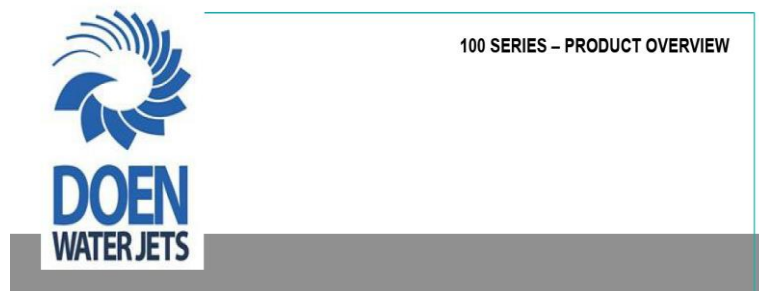


Grafik 4.1 Perbandingan %RPM dan %BHP

Dari grafik di atas menunjukkan bahwa putaran dan power yang di gunakan berbanding lurus. Dimana power yang di gunakan semaik tinggi maka nilai putaran juga semakin tinggi.

4.8.3 Pemilihan *Waterjet*

Dalam memilih *waterjet* yang menjadi parameter adalah RPM dan SHP. Dari hasil perhitungan sebelumnya nilai SHP yaitu 193,06 kW dengan putran *waterjet* 960 RPM. Dari *project guide waterjet* terdapat data untuk mentukan jenis dan model *waterjet* yang sesuai dengan perhitungan yang tertera sebelumnya.



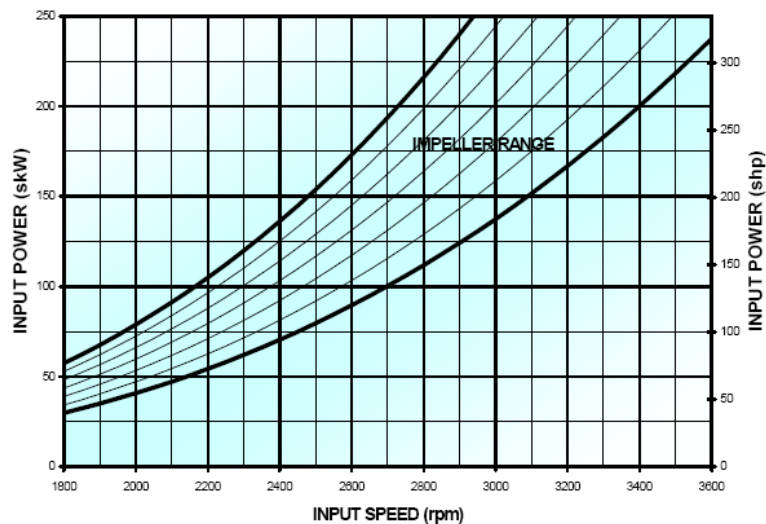
Gambar 4.9 Spesifikasi *waterjet*
Sumber : Doen *WaterJets*

Berdasarkan diatas maka jenis *waterjet* yang akan di pilih adalah :

Type : DJ 100G
Merk : DOEN *WaterJets*
Power : 225 kW
RPM : 3600

4.8.4 Karakteristik *Waterjet*

Setelah menentukan Tyme *waterjet* yang akan digunakan maka kemampuan dari *waterjet* DJ 100G adalah sebagai berikut :

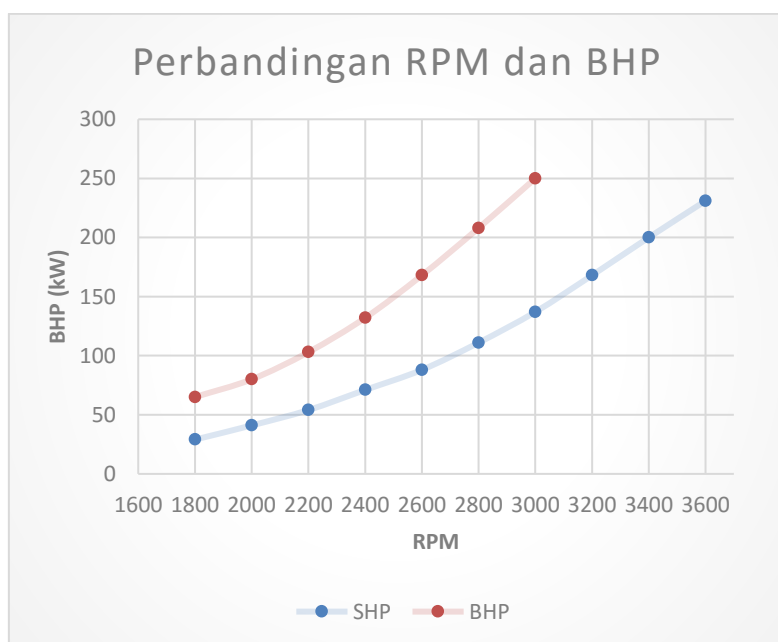


Gambar 4.10 Grafik RPM dan *Power* dari DJ100G
Sumber : Doen *WaterJets*

Dari gambar diatas terlihat kemampuan dari *waterjet* type DJ100G sehingga dapat diambil data sebagai berikut :

Tabel 4.3 Kemampuan pada putaran *waterjet*

RPM	SHP	BHP
1800	29	65
2000	41	80
2200	54	103
2400	71	132
2600	88	168
2800	111	208
3000	137	250
3200	168	
3400	200	
3600	231	

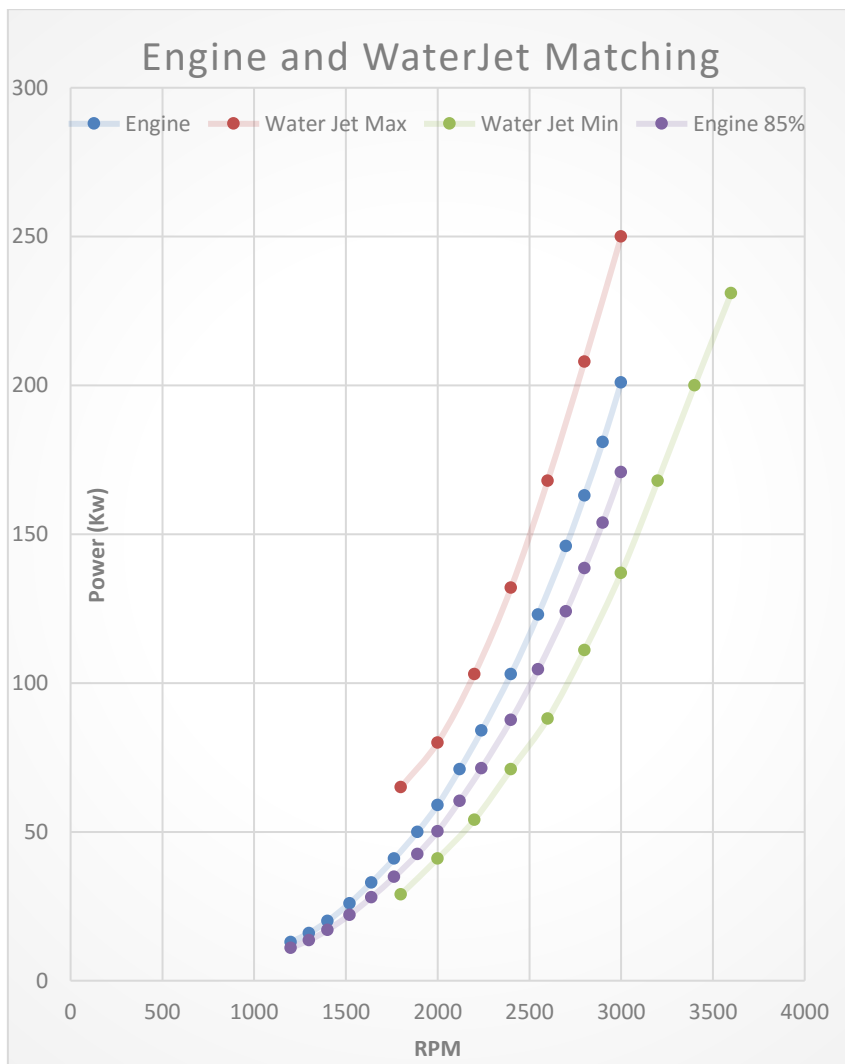


Grafik 4.2 Perbandingan RPM dan BHP

Dari grafik diatas menunjukan *waterjet* type DJ 100G memiliki daya yang berbanding lurus dengan putran. Dimana semakin besar daya maka semakin besar pula putaran yang di gunakan.

4.9 Engine Water Jet Matching

Untuk menentukan titik operasi titik oprasi putaran motor dimana *power* yang di gunakan oleh *engine* dan *waterjet* menghasilkan kecepatan *service* yang di rencanakan. Paramater yang di gunakan yairu karakteristik *engine* dan karakteristik *waterjet*.



Grafik 4.3 *Engine and Waterjet Matching*

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa antara *engine* dan *waterjet* type DJ 100G pengoprasiaannya mencapai titik maksimum dengan kecepatan yang di rencanakan untuk *jetski*.

4.10 Penggambaran dan Simulasi

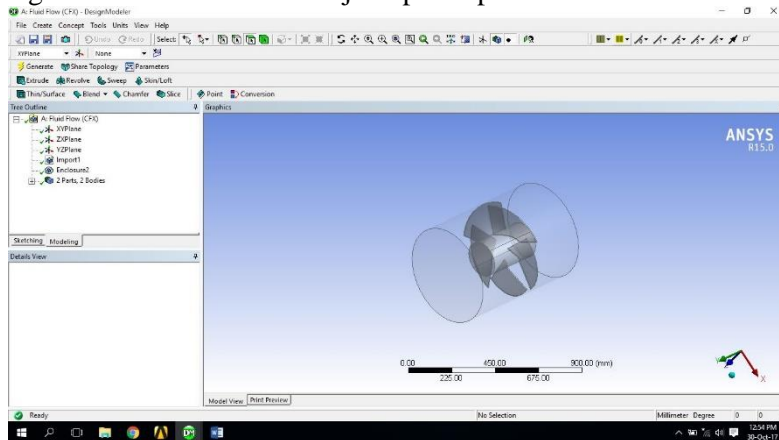
Langkah berikutnya setelah mendapat *waterjet* yang cocok akan di bahas penggambaran permodelan dengan data yang di dapat dari *project guide waterjet* dan simulasi *Computational Fluid Dynamics* menggunakan AnsysTM yang sesuai dalam metode penelitian untuk mencapai tujuan tugas akhir. Data *waterjet* yang di dapatkan di gunakan untuk memodelkan agar dapat di analisa menggunakan AnsysTM. Komponen yang di modelkan hanya berupa *impeller waterjet* dengan variasi jumlah *blade*.

4.10.1 Penggambaran Ulang Impeller

Penggambaran model di lakukan untuk memudahkan dalam tahap meshing, dalam tahap ini impeller waterjet yang di gunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Head : 13,65 m
 Kapasitas : 489,6 m³/h
 Putaran : 3600 rpm

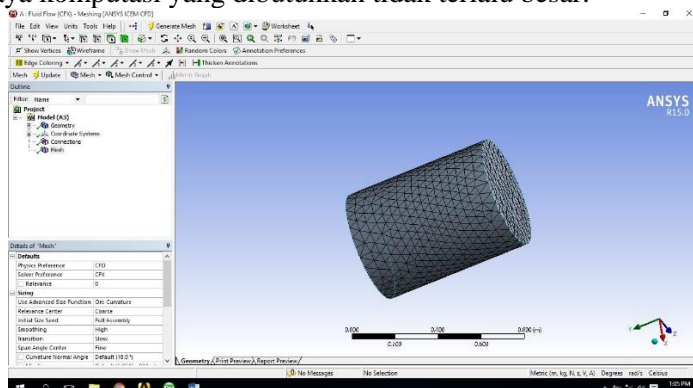
Proses pertama yang di lakukan adalah menggambar ulang impeller menggunakan software solidwork. Parameter setelahnya merupakan variable desain yang dimodifikasi untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja impeller pada titik tertentu



Gambar 4.11 Permodelan *Impeller* dari *Solidwork* pada *Ansys*

4.10.2 Proses Meshing Model

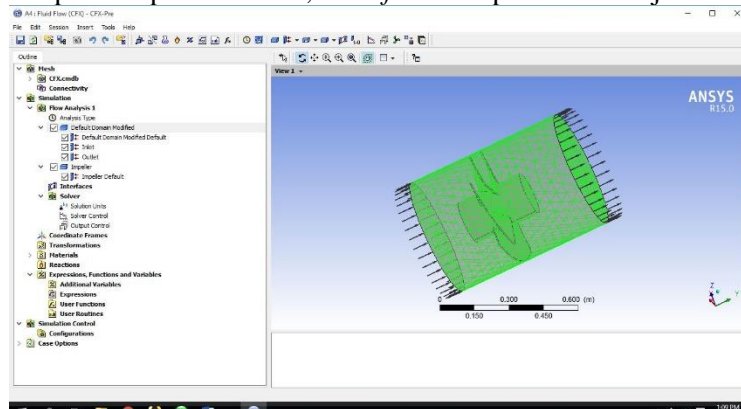
Setelah geometri *Impeller solid*, *meshing* dilakukan pada software *Ansys Computational Fluent X*. *Meshing* adalah pembagian objek menjadi bagian atau elemen yang kecil. Semakin kecil ukuran *mesh* suatu obyek, maka hasil yang didapatkan akan semakin teliti, akan tetapi membutuhkan daya komputasi dan waktu yang lama dibandingkan dengan obyek yang memiliki ukuran *mesh* lebih besar. Oleh karena itu, besar ukuran *mesh* harus diatur sedemikian rupa agar diperoleh hasil yang teliti dan diusahakan daya komputasi yang dibutuhkan tidak terlalu besar.



Gambar 4.12 Proses *Meshing Impeller*

4.10.3 Pre Solver atau Pre Processor

Setelah proses meshing selesai maka langkah selanjutnya adalah *Pre Processor* atau *flow setting* menggunakan *Ansys Fluent X*. Simulasi harus di setting sesuai dengan kondisi yang sesungguhnya agar memperoleh hasil yang maksimal. Agar mendekati dengan kondisi yang nyata dan sesuai dengan tujuan penelitian, maka input yang di gunakan merupakan kecepatan spesifik fluida, *mess flow* dan putaran waterjet.



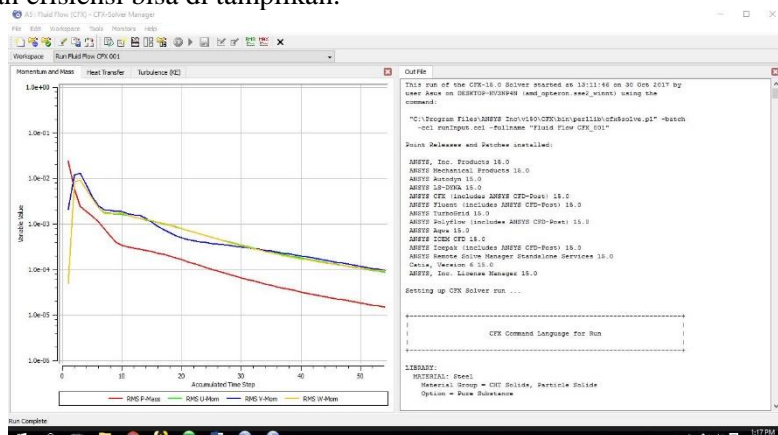
Gambar 4.13 Proses *Pre Processor Impeller*

Proses *Pre Processor* pada software *Ansys* membutuhkan format meshing yang dihasilkan pada proses sebelumnya dimana *Pre Processor* merupakan tahap awal dimana bahasa pemrograman desain model akan di terjemahkan oleh *Solver*

4.10.4 Solver

Solver adalah Proses perhitungan oleh komputer berdasarkan pada *flow setting* dari *impeller waterjet* dengan memasukan *boundary condition* untuk mendapat kondisi yang di inginkan.

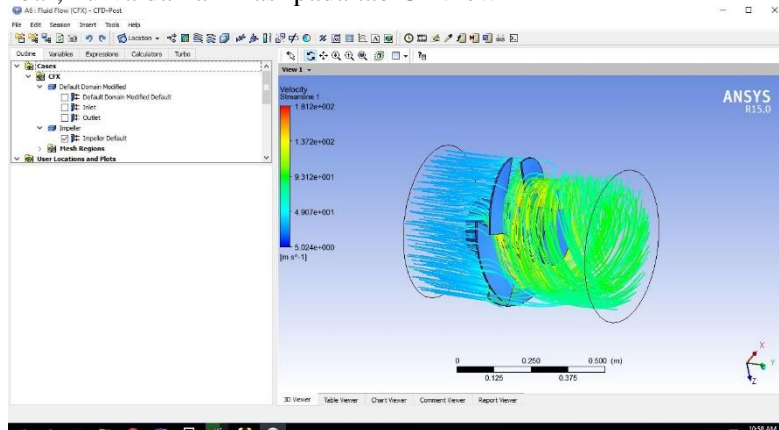
Perubahan residu rata-rata pada seluruh *domain* dapat di lihat dan diamati selama proses konversi atau proses *running solver*. Demikian pula, evolusi keseimbangan aliran massa (*in/out*) dan efisiensi bisa di tampilkan.



Gambar 4.14 *Convergence History*

4.10.5 Post Processor

Post Processor adalah suatu proses dalam *Ansys Fluent X* dimana menginterpretasi dan mengorganisasi data hasil simulasi dari *solver* CFD yang biasanya berupa gambar, kurva dan animasi pada tab CFView



Gambar 4.15 *Post Processor*

4.11 Analisa data dari Proses Simulasi

4.11.1 Perhitungan

Pada sub bab ini di jelaskan mengenai bagaimana cara perhitungan dari data yang di peroleh dari hasil simulasi, Untuk rencana daya motor yang di gunakan pada *waterjet* maka harus menentukan efisiensi terlebih dahulu, karena berkaitan dengan daya motor yang di gunakan.

Energi yang efektif yang di terima oleh fluida dari persatuan waktu di sebut daya air. Dan dapat di hitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

- Daya Fluida

$$P_w = \rho \times g \times H \times Q$$

Dimana,

P_w = Daya Fluida (Watt)

ρ = Berat jenis fluida (1025 kg/m^3)

g = Percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

Q = Kapasitas *Waterjet* ($0,136 \text{ m}^3/\text{s}$)

$$P_w = 1025 \times 9,81 \times 13,65 \times 0,136$$

$$P_w = 17.824,85 \text{ Watt}$$

$$P_w = 17,82 \text{ kW}$$

Untuk menentukan daya *shaft waterjet*, maka pertamakali adalah di tentukannya efisiensi waterjet. Dimana efisiensi waterjet dapat dilihat dari hasil *running solver* sesuai dengan tiap variasi blade.

- Daya Shaft

$$P_{sh} = P_w / \eta$$

Daya Shaft pada Blade 3

$$P_{sh} = 17,28 / 0.6108$$

Daya Shaft pada Blade 4

$$P_{sh} = 17,28 / 0.6132$$

$$P_{sh} = 28,29 \text{ kW}$$

$$P_{sh} = 28,18 \text{ kW}$$

Daya Shaft pada Blade 5

$$P_{sh} = 17,28 / 0.6156$$

$$P_{sh} = 28,07 \text{ kW}$$

Daya Shaft pada Blade 6

$$P_{sh} = 17,28 / 0.6175$$

$$P_{sh} = 27,95 \text{ kW}$$

Daya Shaft pada Blade 7

$$P_{sh} = 17,28 / 0.6168$$

$$P_{sh} = 28,01 \text{ kW}$$

4.11.2 Data hasil simulasi / Solver

Data yang di dapat dari simulasi *Ansys Fluent X* berupa data numeric yaitu berupa aliran massa (*In/Out*) dan Efisiensi. Berikut adalah data dari hasil komuteriasi yang di tampilkan dalam bentuk tabel :

Tabel 4.4 nilai *Flow rate (In/Out)* dan Efisiensi

Jumlah Blade	<i>Inlet Flow rate</i> (m ³ /h)	<i>Outlate Flow rate</i> (m ³ /h)	<i>Outlate Flow rate</i> (m ³ /h)**	<i>Efficiency</i>
3	489,5	490,01	489,6	0,6108
4	489,5	493,64	493,2	0,6132
5	489,5	494,86	494,3	0,6156
6	489,5	495,12	494,6	0,6175
7	489,5	494,47	493,9	0.6168

**) : Hasil hitungan manual

Tabel 4.5 nilai Daya

Jumlah Blade	<i>P_w</i> (kW)	<i>P_{sh}</i> (kW)
3	17,82	28,29
4	17,82	28,18
5	17,82	28,07
6	17,82	27,98
7	17,82	28,01

Analisa Numerik dilakukan pada model optimasi untuk evaluasi kinerja yang akurat. Hasil ditunjukan pada table 4.4 adalah hasil dari *Inlet*, *outlet flow rate* dan efisiensi. Sedangkan pada tabel 4.5 menunjukan daya yang di butuhkan *impeller*.

4.11.3 Performance Prediction

Tujuan membuat prediksi kinerja *waterjet* adalah untuk mengetahui area kerja dari *waterjet* yang di rencanakan pada kondisi yang terbaik. Kinerja *waterjet* yang merupakan hubungan antara *head* (H) daya (P) dan efisiensi (η) terhadap kapasitas pompaberdasarkan simulasi CFD, Impeller dengan variasi jumlah blade di dapatkan nilai tekanan pada sisi hisap dan buang, *head* *waterjet* dapat di hitung dengan persamaan :

- *Head*

$$H = \frac{Pd - Ps}{\gamma}$$

Dimana,

Pd : Tekanan Buang (N/m²)

Ps : Tekanan Hisap (N/m²)

γ : $\rho \times g$ (kg/m²)

Head Blade 3

$$H = \frac{912800 - 773900}{1025 \times 9,81}$$

$$H = 13,81 \text{ m}$$

Head Blade 4

$$H = \frac{914900 - 775000}{1025 \times 9,81}$$

$$H = 13,93 \text{ m}$$

Head Blade 5

$$H = \frac{919900 - 779100}{1025 \times 9,81}$$

$$H = 14,01 \text{ m}$$

Head Blade 6

$$H = \frac{923600 - 782000}{1025 \times 9,81}$$

$$H = 14,08 \text{ m}$$

Head Blade 7

$$H = \frac{921000 - 779900}{1025 \times 9,81}$$

$$H = 14,03 \text{ m}$$

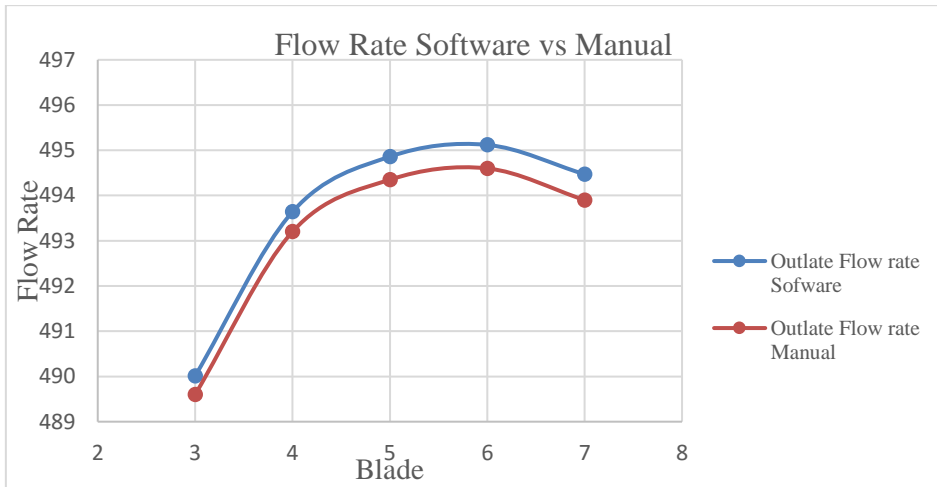
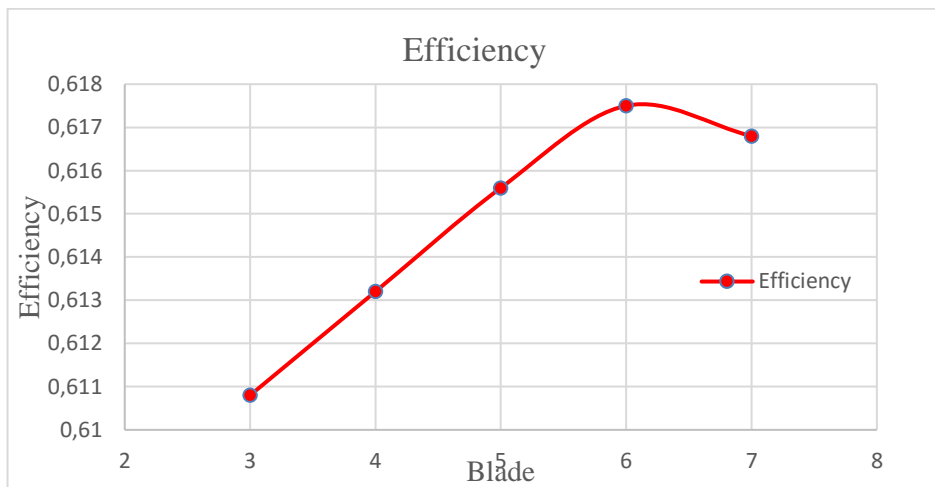
Secara Teori karakteristik impeller bisa di peroleh dengan persamaan yang serupa dengan diatas dan dapat digunakan sebagai karakteristik waterjet yang di peroleh dari hasil simulasi dan dapat di buat dalam tabel sebagai berikut

Tabel 4.6 nilai *head*

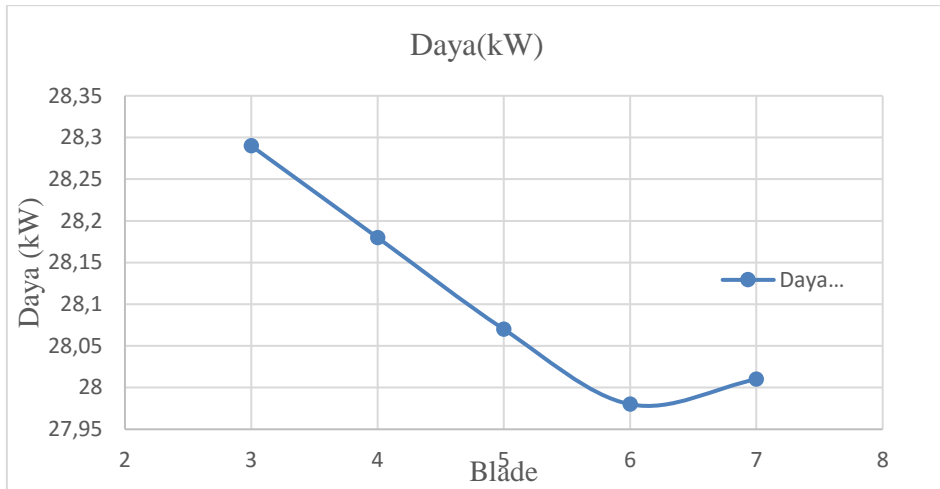
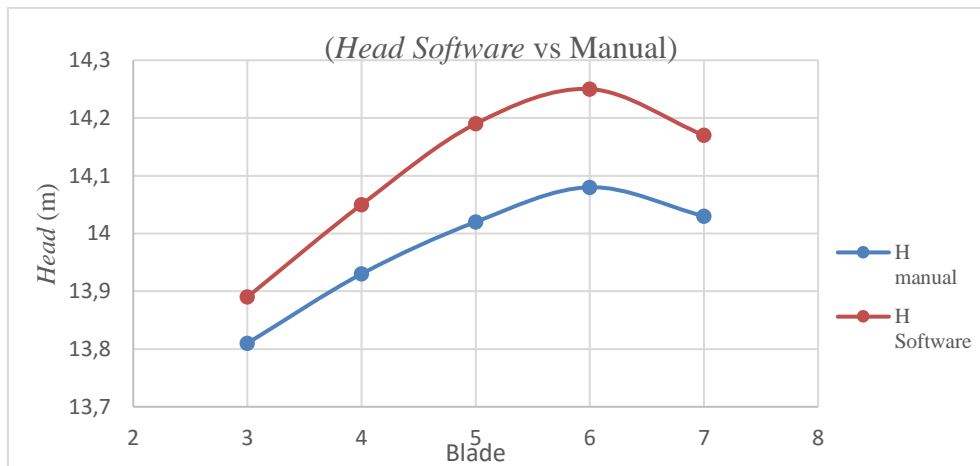
Jumlah Blade	Ps (n/m ²)	Pd (n/m ²)	Pd-Ps (n/m ²)	H (m)**	H (m)
3	773900	912800	138900	13,81	13,89
4	775000	914900	139900	13,93	14,05
5	779100	919900	140800	14,01	14,19
6	782000	923600	141600	14,08	14,25
7	779900	921000	141100	14,03	14,17

**): Hasil hitungan manual

Dari hasil yang terpampang pada tabel 4.4, tabel 4.5 dan tabel 4.6 menunjukkan jika kapasitas *impeller* yang besar membutuhkan daya penggerak yang kecil hal ini di tunjukan pada variasi blade 6 yang menghasilkan kapasitas 495,12 m³/h dan daya 27,98 kW dengan head yang dihasilkan sebesar 14,25 m.

Grafik 4.4 Perbandingan *Flow rate*

Grafik 4.5 Kurva Effisiensi

Grafik 4.6 Kurva Daya *Impeller*Grafik 4.7 Perbandingan *Head*

4.11.4 Hukum Kesebangunan (*Affinity Laws*)

Untuk Waterjet dengan diameter impeller tetap, kapasitas akan berbanding lurus dengan kecepatan, *head* akan berbanding lurus dengan kecepatan dan daya yang di butuhkan akan berbanding lurus dengan kubik kecepatan. Untuk diameter dan efisiensi konstan. (*Affinity Laws*), $\{Q/N\}$, $\{H/N\}$, $\{BHP/N^3\}$. Biasanya tidak ada perubahan yang signifikan dalam efisiensi kisaran waterjet dan kecepatan normal.

$$\left\{ \frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right) \right\} \left\{ \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 \right\} \left\{ \frac{BHP_1}{BHP_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^3 \right\}$$

Dari persamaan di atas dapat di sederhanakan dan di simpulkan mejadi persamaaan sebagai berikut :

$$Q_2 = Q_1 / \left(\frac{N_1}{N_2} \right)$$

$$H_2 = H_1 / \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

$$P_2 = P_1 / \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^3$$

Dimana, Q : Kapasitas Aliran (m³/h)
 H : Head Total Waterjet (m)
 P : Daya Poros Pompa (kW)
 N : Putaran (RPM)

Revisi Kapasitas, $Q_2 = 489,6 / \left(\frac{3600}{3400} \right) = 462,75 \text{ m}^3/\text{h}$

Revisi Head, $H_2 = 13,65 / \left(\frac{3600}{3400} \right)^2 = 12,17 \text{ m}$

Revisi Power, $P_2 = 28,29 / \left(\frac{3600}{3400} \right)^3 = 23,83 \text{ kW}$

Variasi RPM 3200

$$Q_3 = 489,6 / \left(\frac{3600}{3200} \right) = 435,20 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_3 = 13,65 / \left(\frac{3600}{3200} \right)^2 = 10,78 \text{ m}$$

$$P_3 = 28,29 / \left(\frac{3600}{3200} \right)^3 = 19,86 \text{ kW}$$

Variasi RPM 3000

$$Q_4 = 489,6 / \left(\frac{3600}{3000} \right) = 408 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_4 = 13,65 / \left(\frac{3600}{3000} \right)^2 = 9,47 \text{ m}$$

$$P_4 = 28,29 / \left(\frac{3600}{3000} \right)^3 = 16,37 \text{ kW}$$

Variasi RPM 2800

$$Q_5 = 489,6 / \left(\frac{3600}{2800} \right) = 380,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

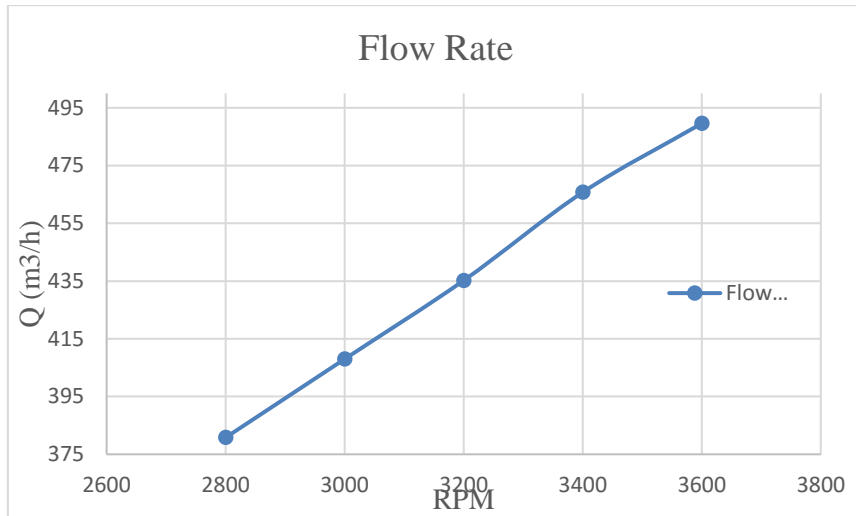
$$H_5 = 13,65 / \left(\frac{3600}{2800} \right)^2 = 8,25 \text{ m}$$

$$P_5 = 28,29 / \left(\frac{3600}{2800} \right)^3 = 13,31 \text{ kW}$$

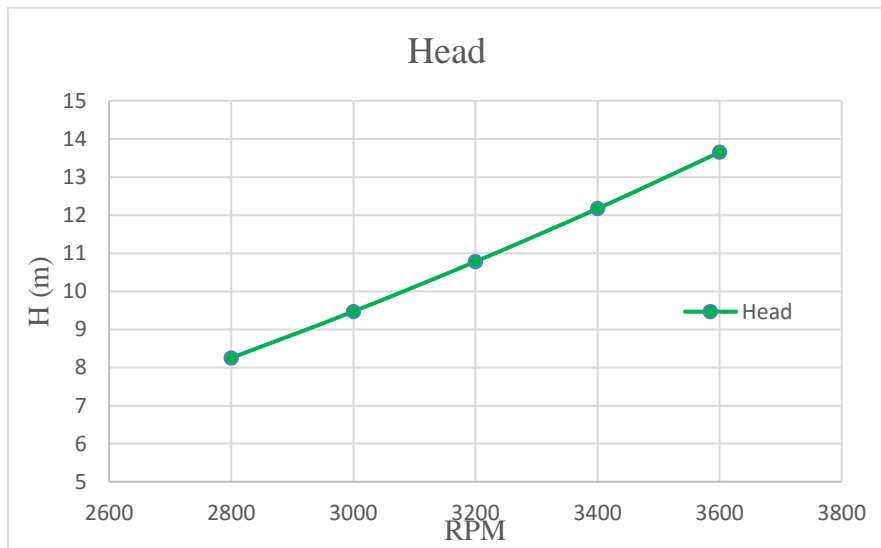
Data perhitungan menggunakan hukum keseimbangan menggunakan variasi rpm 3400, 3200, 3000 dan 2800 dapat ditabulasikan sebagai berikut:

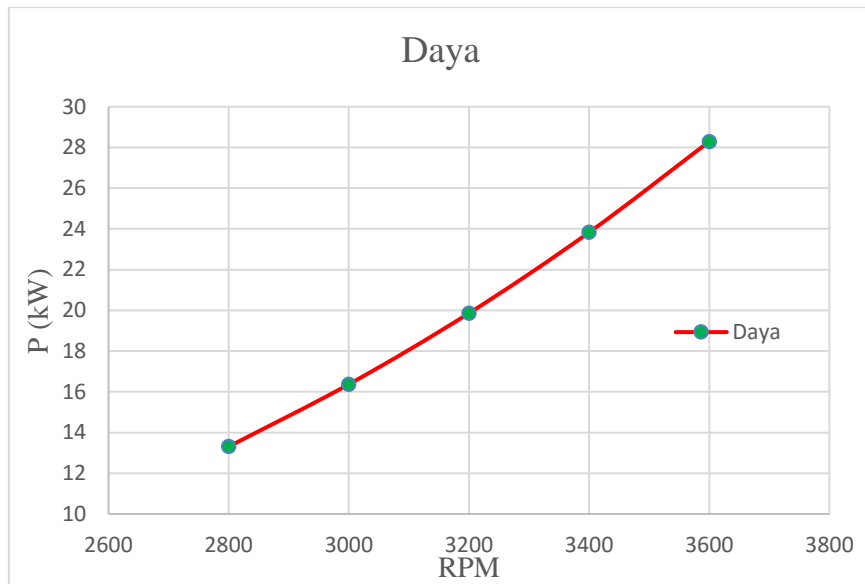
Tabel 4.7 Perbandingan variasi RPM

	3600	3400	3200	3000	2800
Q (m³/h)	489,6	465,75	435,2	408	380,8
H (m)	13,65	12,17	10,78	9,47	8,25
P (kW)	28,29	23,83	19,86	16,37	13,31



Grafik 4.8 Kurva perbandingan Kapasitas dan RPM

Grafik 4.9 Kurva perbandingan *Head* dan RPM



Grafik 4.10 Kurva perbandingan Daya dan RPM

“ halaman sengaja di kosongkan “

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil hitungan, analisa dan simulasi data yang telah dilakukan, maka dapat di hasilkan kesimpulan sebagai berikut :

Tabel 5.3 Hasil Simulasi

<i>Blade</i>	<i>Flow rate</i> (m ³ /h)	<i>Efficiency</i>	<i>Daya</i> (kW)	<i>Head</i> (m)
3	490,01	0,6108	28,29	13,89
4	493,64	0,6132	28,18	14,05
5	494,86	0,6156	28,07	14,19
6	495,12	0,6175	27,98	14,25
7	494,47	0.6168	28,01	14,17

Dari tabel penyederhanaan diatas dapat di kalkulasikan bahwa semakin banyak *blade impeller* maka *flow rate* nilainya akan semakin meningkat begitu juga dengan nilai dari efisiensi dan *head* semakin banyak *blade impeller* maka semakin tinggi pula nilai efisiensi dan *headnya*.

Akan tetapi terjadi penurunan nilai *flow rate*, efisiensi dan *head* setelah *blade* 6 disebabkan kerapatan pada daun *impeller blade* 7. Hal ini berbanding terbalik pada daya yang di butuhkan *impeller* dimana semakin banyak *blade impellernya* maka semakin kecil daya yang di butuhkan hal ini di buktikan pada *blade* 6 dengan nilai daya 27,98 kW

5.2 Saran

- 1) Dalam Tugas Akhir yang berjudul “ Studi Optimasi Sistem *Water Jet* Dengan Memodifikasi *Blade Impeller* Menggunakan Metode CFD “ perlu di laksanakan analisa analisa atau beberapa macam pengujian agar hasil lebih akurat dan mendapat nilai yang sempurna. Contoh pengujian yang di maksud antara lain :
 - Analisa getaran dan kebisingan yang di timbulkan pada sistem waterjet
 - Analisa kekuatan uji bahan *impeller*, uji bahan bakar, uji sistem kelistrikan, uji Keselamatan, uji uji ketahanan dll.
- 2) Model *impeller* belum sepenuhnya tervalidasi sehingga tidak disaran sebagai bahan acuan dalam pembuatan *waterjet* secara mandiri

“ halaman sengaja di kosongkan “

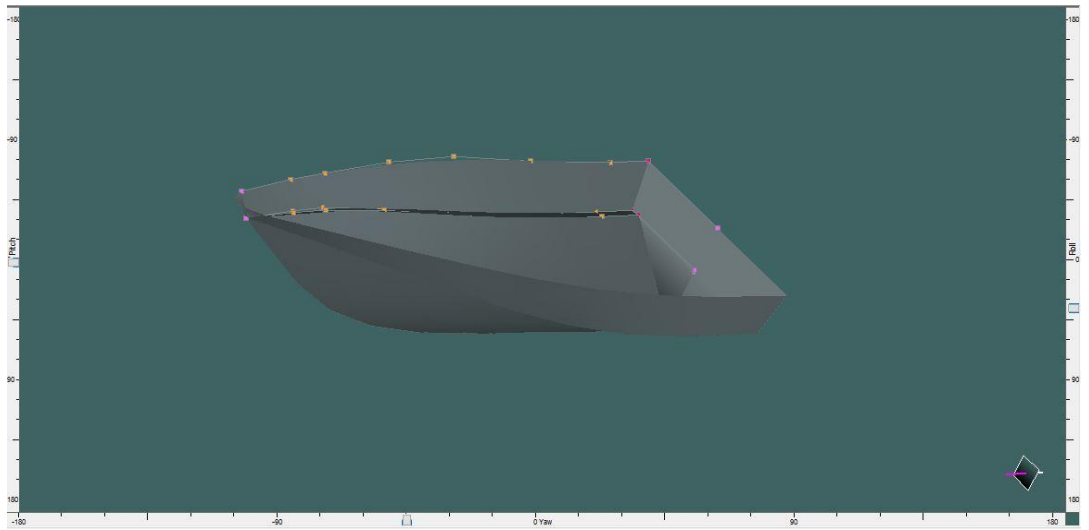
DAFTAR PUSTAKA

1. Adji, Surjo W. *Water Jet Propulsion System*
2. Adji, Surjo W. 2009. *Resistance and Propulsion*
3. E.A. Fadlun, R. Verzicco, P. Orlandi, and J. Mohd-yusof. 2000. *Combined immersed-boundary finite-difference methods for three-dimensional complex flow simulation*. J. Of Computational Physics
4. Firdaus, Akmal Thariq. 2013. *Perencanaan Water Jet Sebagai Alternatif Propulsi Pada Kapal Cepat Torpedo 40 M Untuk Meningkatkan Kecepatan Sampai 40 Knot*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Surabaya
5. Joseph, Levy W. 1965. *The Design of Water-Jet Propulsion Systems for Hydrofoil Craft*
6. Latihan SAR Tempur TNI AL, Retrieved September 7, 2017, from : <http://tnial.mil.id/>
7. Martha Dinata, Amin. 2014. *Perencanaan Design Jet Ski Amphibi Untuk Kebutuhan Militer*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Surabaya
8. Moon-Chan Kim, How-Hwan Chun .2009. *Comparison Of Water Jet Performance In Tracked Vehicles By Impeller Diameter*, Final Task, Departement Of Naval Architecture And Ocean Engineering, Pusan National University, Korea
9. Nida Ahmad Musyafa. 2011. *Studi Perancangan Sistem Propulsi Waterjet Pada Kapal Penumpang 200 Pax Tipe Wave Pierching Catamaran*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Surabaya
10. Nikosai, Priadi. 2015. *Optimasi Desain Impeller Pompa Sentrifugal Menggunakan Pendekatan CFD*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Surabaya
11. Wisata Tanjung Benoa, Retrieved September 7, 2017, from : <http://tanjungbenoabali.co.id/>

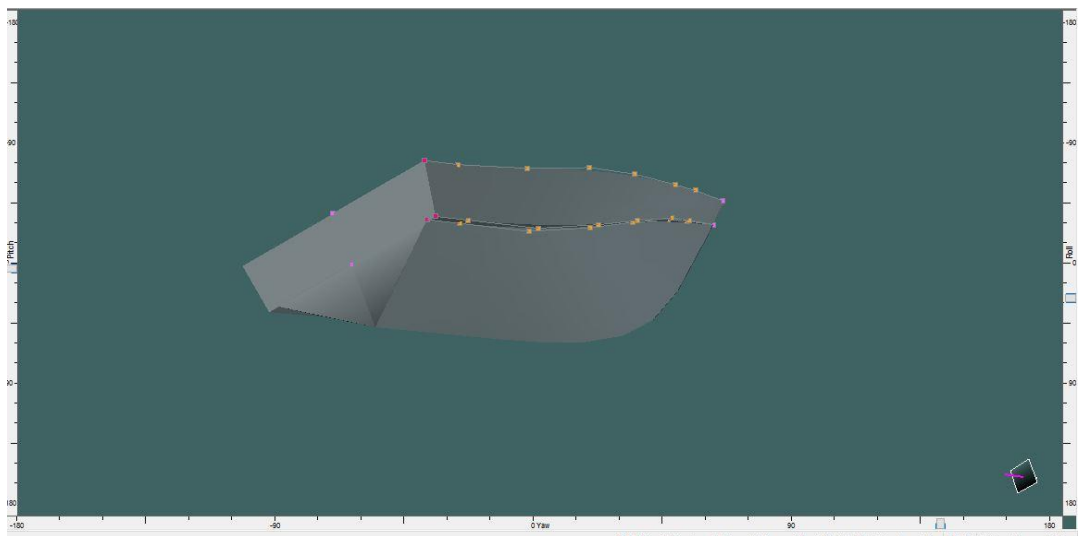
“ halaman sengaja di kosongkan “

LAMPIRAN

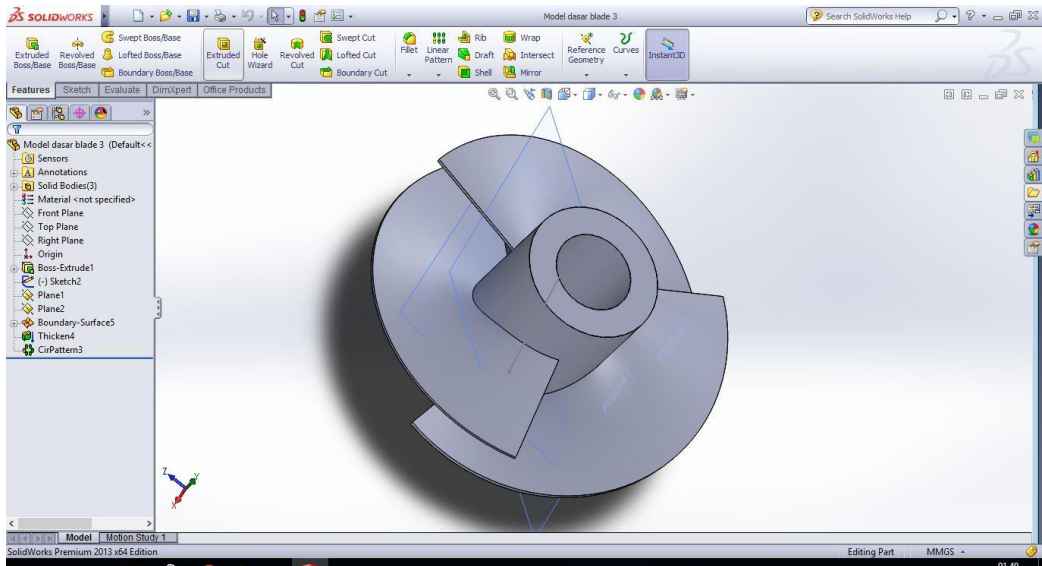
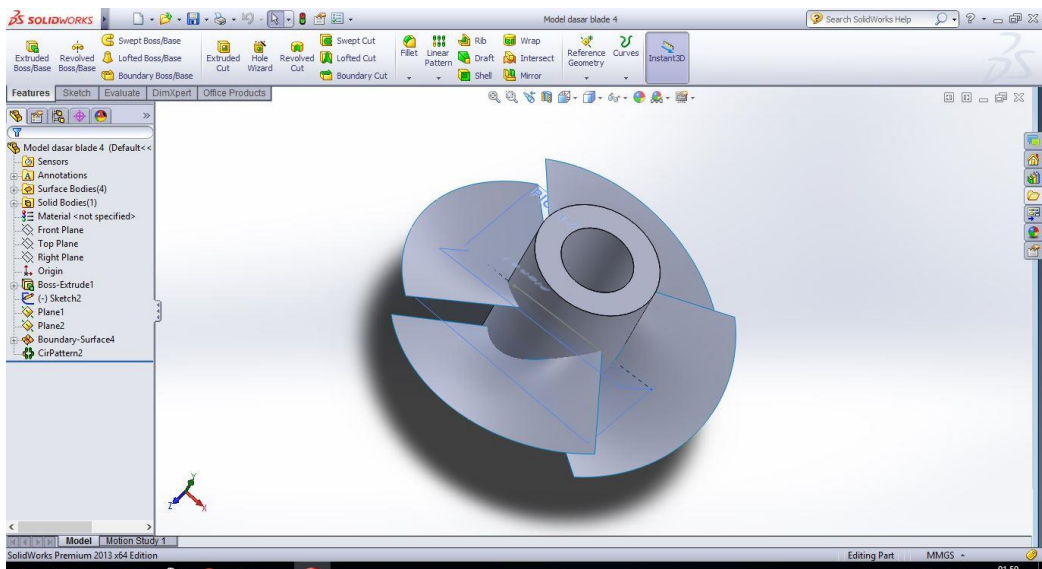
(Jetski, Spesifikasi Mesin, Waterjet, Impeller dan hasil simulasi)

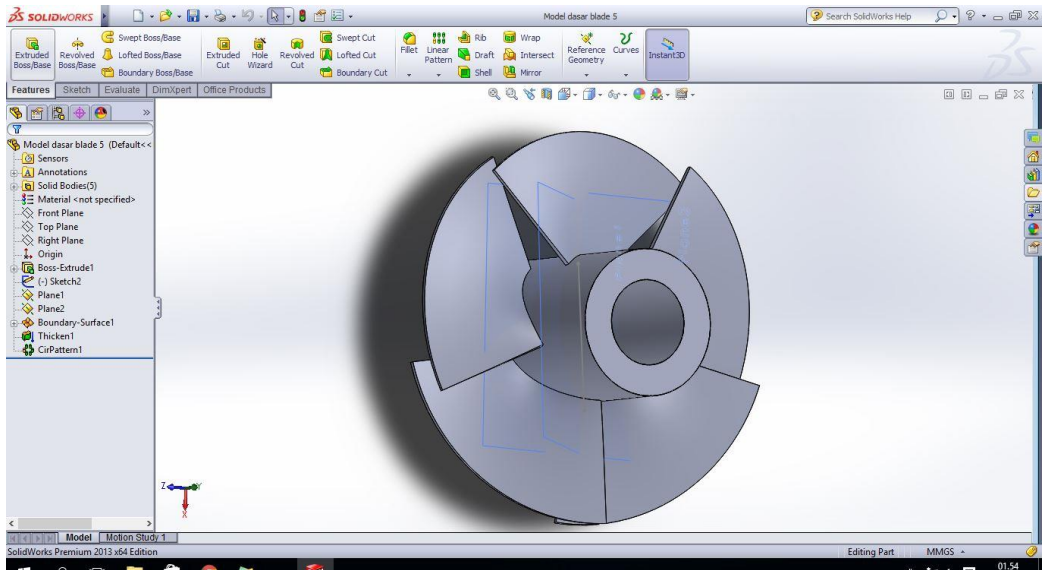
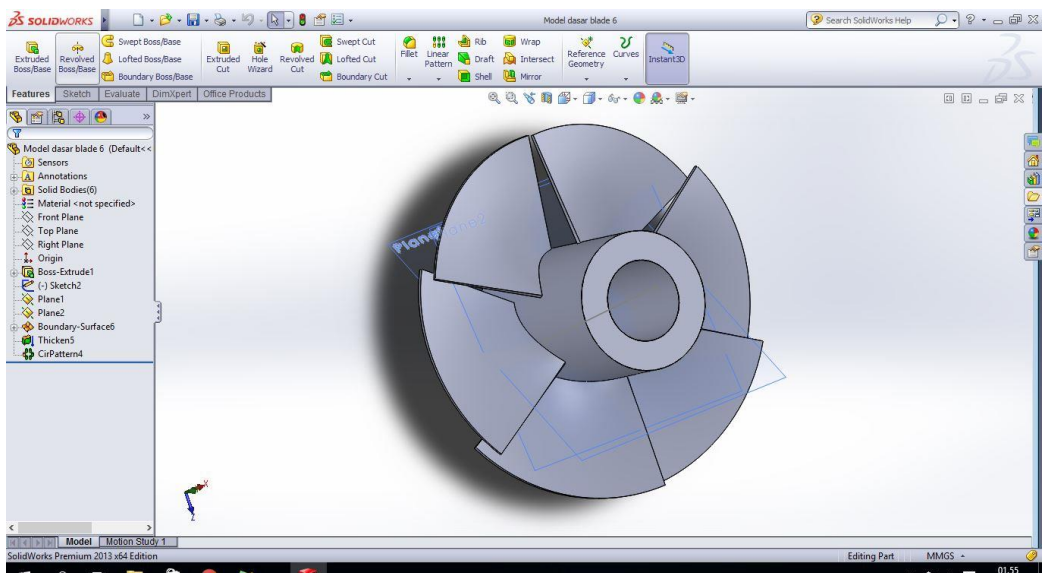


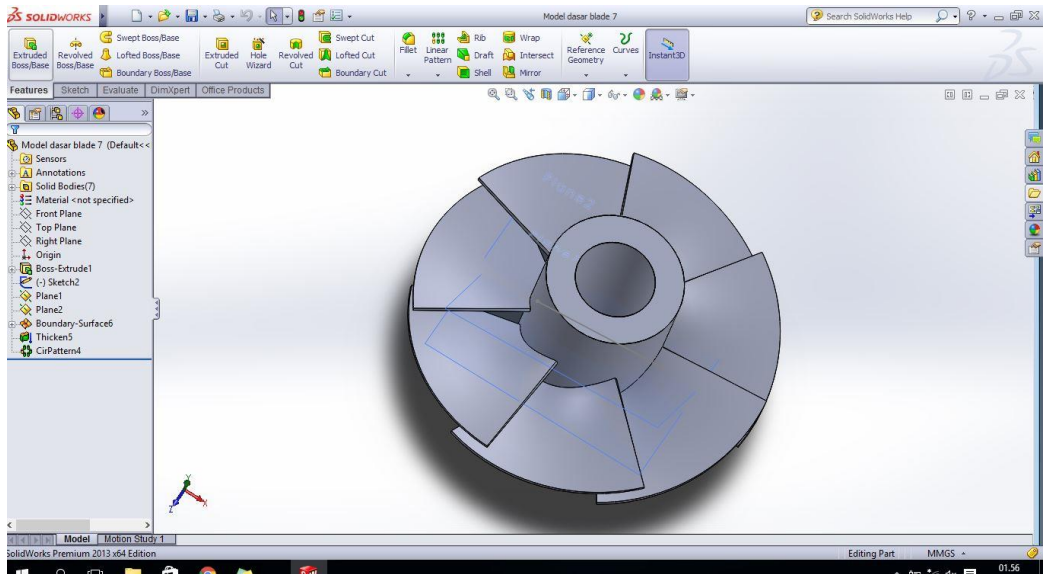
Gambar. Rencana permodelan *jetski*



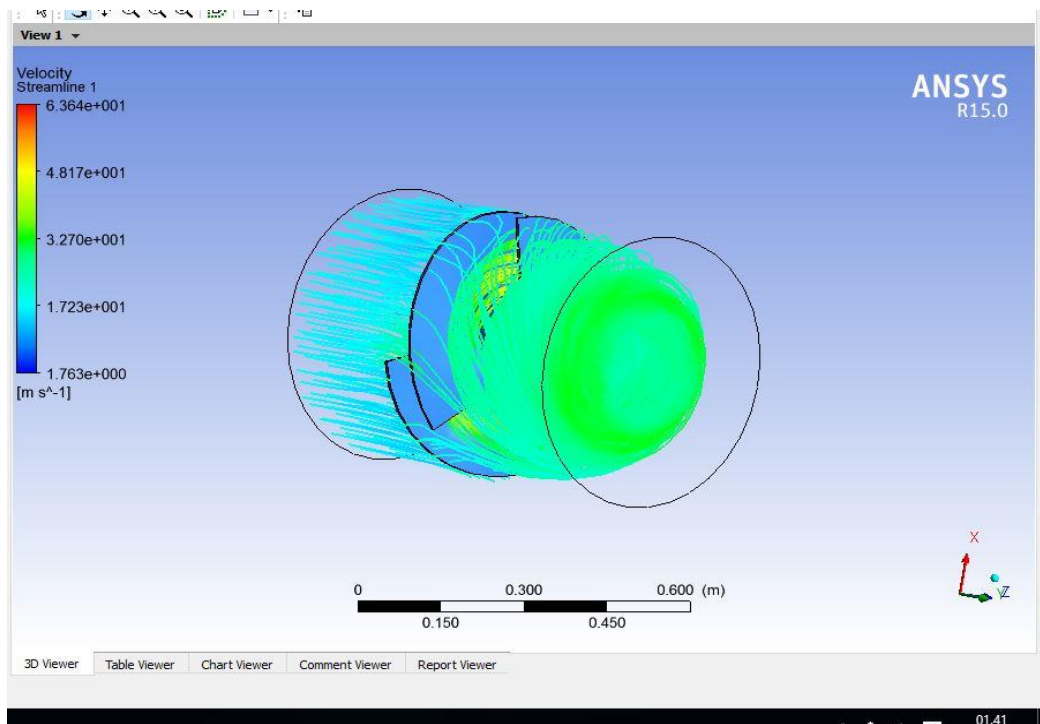
Gambar. Rencana permodelan *jetski 2*

Gambar. Model *impeller blade 3*Gambar. Model *impeller blade 4*

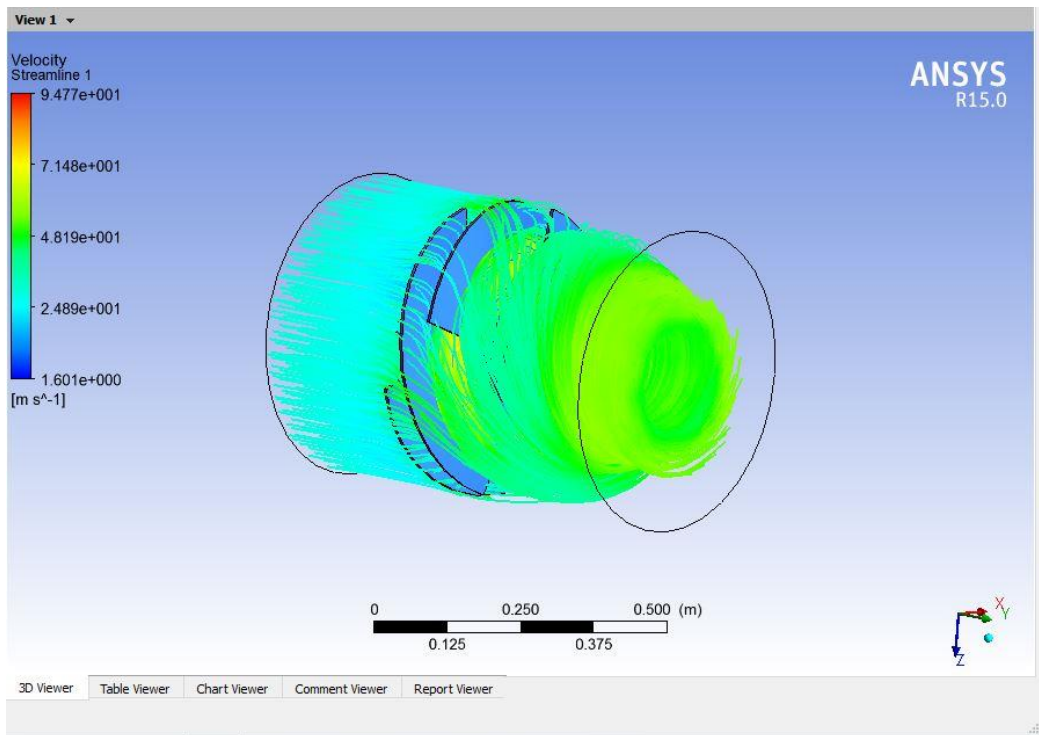
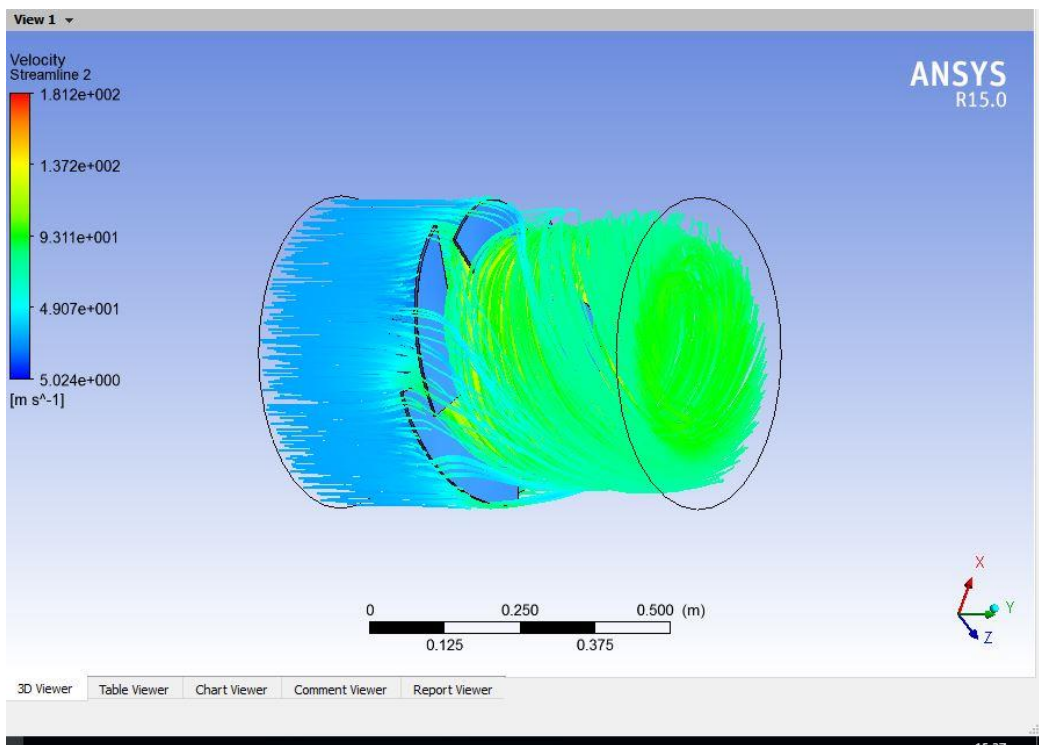
Gambar. Model *impeller blade 5*Gambar. Model *impeller blade 6*

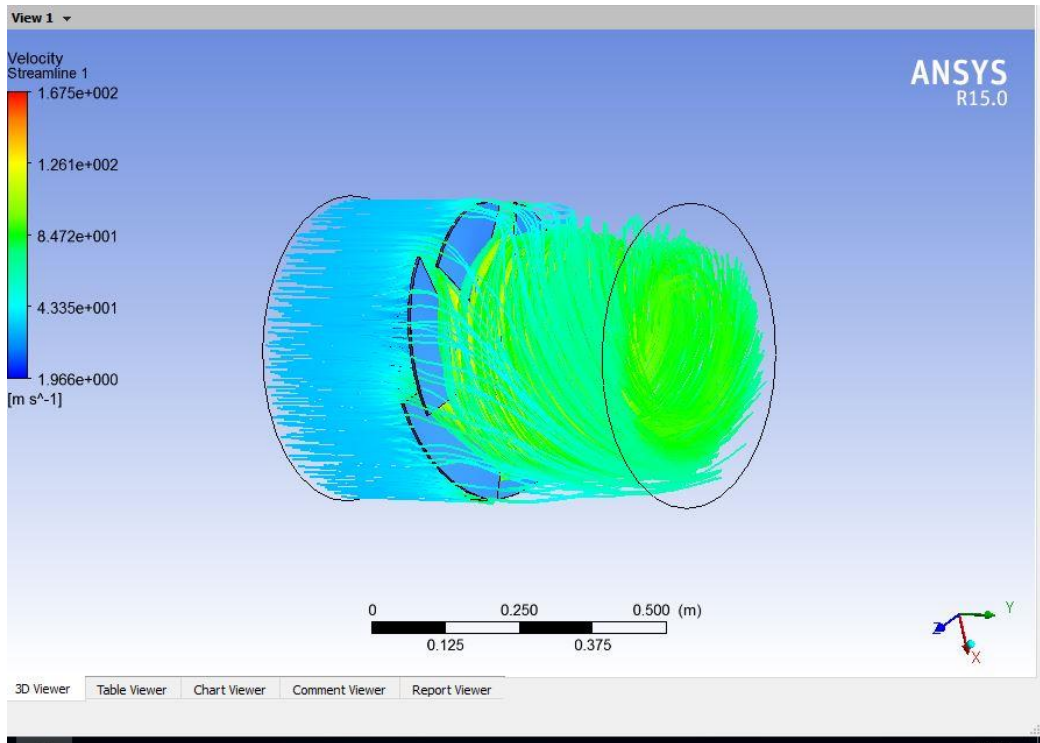
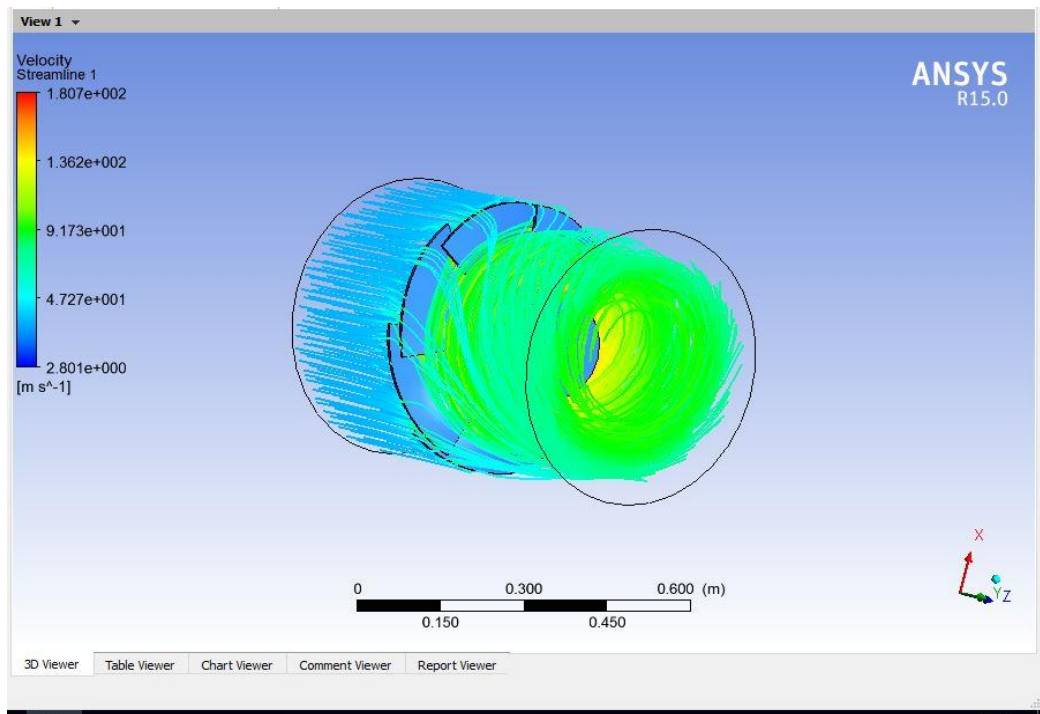


Gambar. Model *impeller blade 7*



Gambar. Hasil *running impeller blade 3*

Gambar. Hasil *running* impeller blade 4Gambar. Hasil *running* impeller blade 5

Gambar. Hasil *running* impeller blade 6Gambar. Hasil *running* impeller blade 7

“ halaman sengaja di kosongkan “

BIODATA PENULIS



Penulis, Dai R Fazlurrohman lahir di Kendal, 9 Mei 1993, Penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari SDN 06 Boja, Kab.Kendal (1999-2005), SMPN 1 Boja, Kab.Kendal (2005-2008), SMAN 1 Boja,Kab.Kendal (2008-2011) dan pada tahun 2011 terdaftar sebagai mahasiswa Diploma III Teknik Perkapalan Unirversitas Dponegoro, Semarang dengan NIM. 21090111060028.. Kemudian penulis melanjutkan studinya dan diterima sebagai mahasiswa lintas jalur Angkatan 2015 semester ganjil dengan NRP. 04211545000010, pada jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ini, penulis mengambil bidang studi *Marine Machinery System* (MMS). Selama menempuh kuliah, penulis aktif dalam kegiatan akademik maupun non-akademik. Kegiatan akademik meliputi kegiatan perkuliahan dari semester pertama hingga semester akhir.

Dai R Fazlurrohman

daifazlurrohman.18@gmail.com